



Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas - ICEA
Colegiado do Curso de Engenharia de Produção - COEP
Campus João Monlevade - MG



**WORLD CLASS MANUFACTURING: UM ESTUDO SOBRE O PILAR
DESDOBRAMENTO DE CUSTOS NO CONTEXTO DE UMA
SIDERÚRGICA DE GRANDE PORTE**

Eduardo de Ávila Moreira

João Monlevade - Minas Gerais - Brasil

2023

Eduardo de Ávila Moreira

**WORLD CLASS MANUFACTURING: UM ESTUDO SOBRE O
PILAR DESDOBRAMENTO DE CUSTOS NO CONTEXTO DE
UMA SIDERÚRGICA DE GRANDE PORTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Produção pelo Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas da Universidade Federal de Ouro Preto.

Professor orientador: Prof. Dr. June Marques Fernandes

João Monlevade - Minas Gerais - Brasil

Março de 2023

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

M838w Moreira, Eduardo de Ávila.

World class manufacturing [manuscrito]: um estudo sobre o pilar desdobramento de custos no contexto de uma siderúrgica de grande porte. / Eduardo de Ávila Moreira. - 2023.

60 f.: il.: color., tab.. + Matriz. + Fluxograma.

Orientador: Prof. Dr. June Marques Fernandes.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas. Graduação em Engenharia de Produção .

1. Administração da produção. 2. Custo industrial. 3. Framework (Arquivo de computador) - Desenvolvimento. 4. Metalurgia - Estimativas. 5. Processos de fabricação. 6. Usinas siderúrgicas. I. Fernandes, June Marques. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 658.5

Bibliotecário(a) Responsável: Flavia Reis - CRB6-2431



FOLHA DE APROVAÇÃO

Eduardo de Ávila Moreira

World class manufacturing: um estudo sobre o pilar desdobramento de custos no contexto de uma siderúrgica de grande porte

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção

Aprovada em 23 de março de 2023

Membros da banca

Dr. June Marques Fernandes - Orientador (Universidade Federal de Ouro Preto)

Mestrando Raphael Mansk (Universidade Federal de Ouro Preto)

Mestrando Renato Araújo (Universidade Federal de Ouro Preto)

June Marques Fernandes, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 23/04/2023



Documento assinado eletronicamente por **June Marques Fernandes, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 23/04/2023, às 13:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0513463** e o código CRC **794ECA36**.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por todas as oportunidades concedidas e por sempre estar junto de mim, nos momentos felizes e nos difíceis. Agradeço a minha família, meus pais, Gentil e Sílvia, por todo amor e ensinamentos, por acreditarem no meu potencial e por sempre me apoiarem nas minhas escolhas. Agradeço às minhas irmãs, Débora e Isadora, que sempre estiveram comigo e fizeram com que as coisas ficassem mais leves.

Agradeço à Associação Atlética Acadêmica UFOP JM, local onde pude aprender, sonhar e fazer amizades para toda a vida. Deixo meu reconhecimento às empresas onde trabalhei e fiz estágio, pelas pessoas que me ensinaram constantemente e acreditaram em meu potencial.

Agradeço aos meus amigos, principalmente porque fizeram essa caminhada ficar mais divertida e feliz. À UFOP - Universidade Federal de Ouro Preto, especialmente ao *campus* ICEA - Instituto de Ciência Exatas e Aplicadas, a todo corpo docente, professores e técnicos, por todo apoio e pelo ensino de qualidade ao longo desses anos. Em especial, agradeço ao meu professor orientador, June Marques Fernandes, por todo apoio e dedicação para que eu finalizasse o TCC nas melhores condições possíveis, sempre dedicado e atencioso.

A todos vocês meu sincero: Obrigado!

World Class Manufacturing: um estudo sobre o pilar desdobramento de custos no contexto de uma siderúrgica de grande porte

RESUMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso é uma pesquisa aplicada que se debruçou sobre a complexidade de variáveis existentes em um processo de produção integrado em uma siderúrgica de âmbito global. Analisou-se como implementar o desdobramento de custos ao processo de produção, na perspectiva da metodologia WCM, a fim de facilitar e direcionar esforços nos projetos da empresa. O objetivo principal recaiu sobre o desenvolvimento de um *framework* de gestão para estabelecer a correlação dos custos com as variáveis envolvidas no processo de produção, para atingi-lo, foram desenvolvidos os seguintes objetivos específicos: conhecimento sobre os custos operacionais e de insumos; mapeamento sobre os custos; verificação do fluxo de tais custos envolvidos no processo e análise sobre os registros dos consumos. Metodologicamente, tratou-se de análise qualitativa a respeito do desdobramento de custo, seguida da verificação dos dados coletados na usina em questão e análise das informações para gerar quantificações a respeito dos impactos propagados nos custos. Por meio dos resultados gerados, foi possível a verificação do agrupamento da classificação dos custos em matrizes, envolvendo a mão-de-obra, os insumos necessários, os gastos energéticos e outros recursos empregados. Face as informações coletadas e analisadas, tornou-se nítida a priorização dos impactos identificados nas matrizes, os quais apontaram o alto-forno como o setor da usina com maiores gargalos de custos impactantes na cadeia produtiva, destacando-se, sobretudo, a ociosidade da correia transportadora, que apresentou maior representatividade. Assim, foi possível aferir a capacidade da abordagem do desdobramento de custos, caracterizada como uma ferramenta válida para indicar ações destinadas ao aperfeiçoamento produtivo, no que tange a correlação de custos e a possibilidade de direcionar esforços em solucionar problemas mais abrangentes nos impactos gerais.

Palavras-chave: Desdobramento de custos; Processo de produção; WCM.

World Class Manufacturing: a study on the cost deployment pillar in the context of a large steel mill

ABSTRACT

This final paper is an applied research that focused on the complexity of variables existing in an integrated production process in a global steel company. It analyzed how to implement the deployment of costs in the production process, from the WCM methodology perspective, in order to facilitate and direct efforts in the company's projects. The main objective was to develop a management framework to establish the correlation of costs with the variables involved in the production process. To achieve this, the following specific objectives were developed: knowledge about operational and input costs; cost mapping; verification of the flow of such costs involved in the process; and analysis of consumption records. Methodologically, it was a qualitative analysis regarding the cost breakdown, followed by the verification of the data collected at the mill in question and the analysis of the information to generate quantifications regarding the impacts propagated in the costs. Through the results generated, it was possible to verify the grouping of the classification of costs in matrices, involving labor, necessary inputs, energy expenses, and other resources employed. In face of the information collected and analyzed, it became clear the prioritization of the impacts identified in the matrices, which pointed the blast furnace as the sector of the plant with the biggest bottlenecks of impacting costs in the production chain, especially the idleness of the conveyor belt, which presented the highest representativeness. Thus, it was possible to assess the capacity of the cost deployment approach, characterized as a valid tool to indicate actions aimed at productive improvement, with regard to the correlation of costs and the possibility of directing efforts to solve more comprehensive problems in the general impacts.

Keywords: Cost breakdown; Production process; WCM.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma de matrizes WCM	29
Figura 2 - Níveis organizacionais	30
Figura 3 – Matriz A/Mapa de criticidade das perdas	41
Figura 4 – Classificação por tipo de perda	42
Figura 5 – Partícula da matriz B/Mapa das perdas causais atreladas às resultantes	43
Figura 6 – Partícula da matriz C/Quantificação de horas paradas devido a cada perda	44
Figura 7 – Matriz C/Valor monetário de cada perda causal	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Descrições dos desperdícios	21
Quadro 2 - Pilares técnicos para a eliminação de perdas	23
Quadro 3 - Agrupamento dos tipos de perdas	31
Quadro 4 - Custos operacionais	44
Quadro 5 – <i>Ranking</i> das principais perdas de acordo com valor monetário	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- AF** – Alto forno
- DRE** – Demonstrativo do Resultado em Exercício
- ERP** – Sistema de Gestão Gerencial (*Enterprise Resource Planning*)
- IPTU** – Imposto Predial e Territorial Urbano
- KWh** – Quilowatt hora
- LD** – Linz e Donawitz
- MOD** – Mão de obra direta
- MOI** – Mão de obra indireta
- MP** – Matéria prima
- PCP** – Planejamento e Controle da Produção
- RH** – Recursos Humanos
- SAP** – Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados (*System Applications and Products in Data Processing*)
- WCM** – Manufatura de Classe Mundial (*World Class Manufacturing*)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Problema de Pesquisa.....	13
1.2 Contextualização do problema de pesquisa.....	13
1.3 Justificativa.....	14
1.4 Objetivos.....	14
1.5 Estrutura do trabalho.....	15
2 METODOLOGIA DE PESQUISA.....	17
2.1 Plano de coleta de dados.....	18
2.2 Análise de dados.....	18
3 DESDOBRAMENTO DE CUSTOS NO CONTEXTO DO WCM....	19
3.1 Produção enxuta.....	19
3.2 O WCM.....	22
3.2.1 O Pilar desdobramento de custos.....	25
3.2.2 Perdas e desperdícios.....	31
4 DESDOBRAMENTO DE CUSTOS EM UMA GRANDE SIDERÚRGICA.....	33
4.1 Caracterização da empresa.....	33
4.2 Apresentação dos processos.....	34
4.2.1 Área de Alto forno.....	34
4.2.2 Área de Aciaria.....	35
4.2.3 Área de Laminação.....	35
4.3 Processo de custos.....	36
4.3.1 Ferramenta SAP.....	36
4.3.2 Forma de custeio.....	37
4.3.3 Metodologia Custo por absorção.....	37

4.4 Coleta de dados.....	39
4.5 Construção das matrizes.....	40
4.5.1 Matriz A.....	40
4.5.2 Matriz B.....	41
4.5.3 Matriz C.....	43
5 CONCLUSÃO.....	48
REFERÊNCIAS.....	51
ANEXO A – Matriz B/Mapa das perdas causais atreladas às resultantes – Parte 2.....	54
ANEXO B – Matriz B/Mapa das perdas causais atreladas às resultantes – Parte 2.....	55
ANEXO C – Matriz B/Mapa das perdas causais atreladas às resultantes – Parte 3.....	56
ANEXO D – Matriz C/Quantificação de horas paradas devido a cada perda - Parte 1.....	57
ANEXO E – Matriz C/Quantificação de horas paradas devido a cada perda - Parte 2.....	58
ANEXO F – Matriz C/Quantificação de horas paradas devido a cada perda - Parte 3.....	59

1 INTRODUÇÃO

O elemento ferro é abundante na crosta terrestre, no entanto, naturalmente é encontrado em forma de óxidos de ferro. Como a ocorrência do ferro metálico na natureza se dá de forma rara, é preciso abordar diferentes processos industriais para a produção da sua forma metálica, conhecida como aço (RONDA FILHO, 2016).

A indústria siderúrgica é a responsável pela produção do aço, que consiste em uma matéria prima essencial para diversos setores de relevância econômica, tais como, a construção civil e as indústrias de transformação. Além de ser uma produção particularmente importante para o desenvolvimento do país, enquadra-se como uma atividade em evolução para a geração de uma maior sustentabilidade.

No cenário mundial, o Brasil destaca-se como o maior parque siderúrgico da América do Sul e o nono no *ranking* mundial (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2020). O setor emprega uma vasta gama de colaboradores com as mais variadas qualificações e formações, para atender a complexidade de produtos e de processos envolvidos.

Perante o interesse em uma produção mais limpa, a indústria nacional do aço passa por inúmeras transformações, com isso a mesma direciona esforços para otimizar o consumo de matérias primas, reduzir as emissões de poluentes, promover novas destinações, gerar um maior reaproveitamento dos resíduos e se manter competitiva no escopo mundial.

Dito isso, faz-se necessária uma breve explicação de como está classificado o segmento siderúrgico. A indústria siderúrgica pode ser classificada como integrada e semi-integrada, a primeira consta das etapas de preparação de carga, redução, refino, lingotamento e laminação; já as semi-integradas constam etapas de refino, lingotamento e laminação (OLIVEIRA, 2016). Quanto maior a gama de processos, maiores são as complexidades e os custos dos processos, necessitando, com isso, da geração de um valor agregado maior nos produtos fabricados.

As usinas integradas, segundo Oliveira (2016), procedem a produção do aço desde o recebimento do ferro primário, ou seja, desde o minério de ferro obtido na mineração, até o trabalho para a produção dos diferentes produtos gerados, de acordo com a finalidade e o refino envolvido.

1.1 Problema de Pesquisa

Por meio do questionamento, a seguir, a presente pesquisa buscou ater-se às necessidades de produção e às variáveis dos processos, as quais são relevantes para a construção de uma análise sobre o tema considerado. Disso decorre a seguinte questão:

Como o desdobramento de custos pode auxiliar a priorização de projetos em uma siderúrgica?

1.2 Contextualização do problema de pesquisa

Ao se considerar a produção de uma indústria siderúrgica integrada, dentro dos seus processos ocorre a transformação do minério de ferro que, ao ser trabalhado nos altos-fornos, gera como produto o ferro gusa, o qual ao ser levado para a aciaria, é transformado em aço. Todos os reatores e processos envolvidos requerem grandes quantidades de recursos, dentre esses constam energia elétrica, refratários, insumos de produção e grande quantidade de colaboradores.

Os custos envolvidos são muitos, assim, para que a produtividade seja viável, o controle dos custos de processo e as otimizações se fazem presentes como estratégia de competitividade do setor. Todos os recursos envolvidos precisam ser consumidos com responsabilidade e eficiência, visto que em uma produção contínua quaisquer falhas ou perdas refletem como um todo nos resultados gerais da produção, portanto, os gestores necessitam trabalhar e atuar de modo a gerenciar os custos e potencializar os ganhos dos processos.

A produção interligada requer que as partes do processo atuem de modo a contribuir para a sequência de produção, no entanto, a grande variedade de condicionantes do processo, bem como as várias etapas, acabam, por consequência, tornando o setor de difícil abordagem quanto a métodos de controle que permitam o desdobramento dos elementos de controle e custos. Para que a realidade seja aperfeiçoada, é preciso a implementação de estudos que possam verificar como os custos se apresentam e como o controle gerencial pode otimizar os resultados.

Trabalhar de forma gerencial os recursos permite que cada organização possa definir suas prioridades de atuação, levando em conta essa abordagem na redução dos desperdícios e na melhoria da qualidade dos serviços realizados. Ao planejar ações de melhoria, é preciso que os

custos sejam conhecidos, mas também sejam conhecidos os dados capazes de auxiliar a aferir tanto as necessidades produtivas quanto as perdas.

1.3 Justificativa

Para o engenheiro de produção: a visão sistêmica é um atributo notório na formação do engenheiro de produção. Ter o conhecimento das diversas áreas de uma organização permite ao profissional atuar com propriedade sobre assuntos que afetam o todo, assim como a questão de custos, que está presente em todo o ambiente, fazendo-se necessário que o engenheiro tenha domínio sobre o assunto.

Para a universidade (meio acadêmico): a universidade aborda tal assunto na formação de alunos em diversas áreas, conhecer com mais detalhes o desdobramento de custos em uma organização traz a possibilidade de continuidade sobre o assunto através do desenvolvimento de projetos, em artigos, em publicações científicas, desse modo, enriquecendo o conhecimento dos alunos e do meio acadêmico como um todo.

Para a empresa: em um mercado bastante competitivo e com custos de produção cada vez maiores, faz-se necessário a empresa atuar de forma sistemática na raiz de sua produção. Conhecer bem tanto a composição de seus custos quanto os principais gargalos é indispensável, para que a organização possa fazer uma gestão de qualidade e manter seus produtos competitivos.

1.4 Objetivos

O objetivo principal é desenvolver um *framework* (modelo) de gestão para desdobramento de custos da indústria abordada. Nesta proposta, pretende-se conhecer e identificar os insumos com maior representatividade no custo do aço, para direcionar os projetos de melhoramento contínuo.

Decorrente disso, tem-se como objetivos específicos:

- a) conhecer os custos de matéria prima e operacionais que compõem o custo do aço;
- b) mapear a forma de apropriação de custos;
- c) mapear o fluxo de custos;
- d) proceder uma verificação sistemática de lançamento de consumos.

Os custos envolvidos nos aspectos operacionais constituem importantes disposições de recursos pelas organizações, assim, ao se considerar o interesse em mapear e verificar como são empregados tais gastos, torna-se possível um esclarecimento sobre a representação dos mesmos no processo.

Quando os custos são mapeados, as possíveis perdas podem ser levantadas e discutidas com os gestores, podem-se apresentar as melhorias pertinentes ou os diferentes investimentos, dos quais possam gerar como resultado a eliminação de gargalos operacionais a partir dos quais se possa promover uma produção mais eficiente.

Os fluxos de custos refletem-se em toda a cadeia produtiva, podendo, ainda, ser propagados e se tornarem impactantes no processo como um todo. Em uma atividade integrada, as atividades iniciais do processo podem gerar uma sequência de gastos que acabam por elevar os recursos para a produção, limitando, com isso, inclusive, a lucratividade da empresa.

A correlação entre os custos acaba sendo de interesse para que se tenha um dimensionamento das implicações dos mesmos, para tanto é relevante considerar como a organização procede tais medidas e como podem ser consideradas melhorias que possam promover uma atuação direcionada a partir do desdobramento de custos.

1.5 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está dividido em cinco capítulos.

Neste primeiro capítulo apresentou-se o tema e sua caracterização, o problema, objetivos e justificativa. No capítulo 2, foram apresentados os métodos e as técnicas de pesquisa aplicados à coleta e tratamento dos dados. No capítulo 3, descreveram-se os aspectos teóricos conceituais pertinentes ao campo da produção enxuta, aos pilares técnicos para eliminação de perdas na perspectiva do WCM¹, com foco no pilar desdobramento de custos. No capítulo 4, descreveram-se os processos de produção da indústria siderúrgica estudada, a fim de destacar os custeios, as despesas e a metodologia de custo por absorção envolvidos, cujos dados permitiram a elaboração

¹ WCM – Manufatura de Classe Mundial, tradução de *World Class Manufacturing*. Sobre o assunto serão apresentados mais detalhes no capítulo 3.

de matrizes que correlacionam perdas e custos. Enfim, o capítulo 5 explicitou as considerações finais.

2 METODOLOGIA DE PESQUISA

Na construção deste estudo, buscou-se a procedência de uma análise qualitativa a respeito do desdobramento de custo, por meio de um estudo de caso de uma indústria siderúrgica. Para tanto, realizou-se um levantamento de informação relativas ao período de maio a julho de 2022, constando das condições de custos da instituição, verificando os registros documentados em relação aos principais gargalos presentes em seu processo produtivo. Os dados analisados constam de projetos e de arquivos internos, aos quais os gestores procederam levantamentos por meio da coleta de dados e verificação das situações vivenciadas de perdas e ou de desperdícios.

Com base na leitura e na análise de tais documentos, realizadas juntamente com os gestores, buscou-se uma abordagem sobre as premissas que possuem maior representatividade e impacto nos custos de produção. Foram desenvolvidas discussões e observados fundamentos, os quais englobam aspectos relativos à produtividade, ao planejamento e à gestão dos recursos.

A execução da pesquisa foi definida com base no esclarecimento racional perante os problemas existentes, assim, foram levantados os principais pontos de direcionamento para promover uma constatação das prioridades existentes. Segundo Gil (2008), a pesquisa estruturada de modo sistemático consegue, em seu desenvolvimento, seguir um sequenciamento lógico, no início com o levantamento de informações até chegar à proposta de solução para os problemas.

Como procedimento metodológico, a pesquisa norteou-se pela análise qualitativa para a aquisição de conhecimentos necessários e, assim, gerar considerações sobre as atuações pertinentes.

Segundo Minayo (2001), adotar uma análise qualitativa é pertinente quando se aborda:

[...] o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis. (MINAYO, 2001, p. 21).

Para os fins desta investigação, foi empregada a entrevista não estruturada. A entrevista informal ocorreu com o objetivo de buscar informações chaves, que foram fornecidas por especialistas no tema em estudo, por líderes formais ou informais, por colaboradores, etc. (GIL, 2008).

Em relação aos procedimentos, adotou-se o estudo de caso, devido ao interesse em conhecer o como e o porquê de uma determinada situação, procurando descobrir o que há nela de essencial e característico (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

2.1 Plano de coleta de dados

O estudo de caso abordou a procedência metodológica, segundo Yin (2005), para uma compreensão sobre a realidade dos custos da empresa investigada. Baseando-se na metodologia do autor, procedeu-se de uma pesquisa documental, por meio de uma observação direta e uma sistemática realização de entrevistas com gestores da indústria. Os dados disponibilizados pela indústria foram exclusivos de divulgação interna, entretanto foram devidamente autorizados para a execução do planejamento e da construção do estudo, permitindo elaborar e apresentar possíveis melhorias para o gerenciamento de custos da organização.

Para uma atuação mais direcionada, os documentos foram pré-selecionados e analisados quanto à relevância do processo, optou-se por direcionar esforços em fundamentos mais prioritários com relação aos custos de todo o processo.

Na formulação do estudo, os dados e os documentos foram agrupados e classificados, considerando-se um total de 12 (doze) documentos disponibilizados, dos quais totalizaram-se 3 (três) para a formulação do aprofundamento e a caracterização do estudo desenvolvido.

2.2 Análise de dados

A partir da seleção de projetos disponibilizados pela empresa, analisou-se a representatividade de cada um no custo de produção da siderúrgica, por meio da comparação de dados históricos, análise da proposta do projeto, entrevista com colaboradores e alinhamento de expectativas junto aos gestores. Em sequência, introduziu-se o pilar desdobramento de custos, momento em que houve a confrontação dos dados levantados com o auxílio das ferramentas da Manufatura de Classe Mundial (WCM), que proporcionou a priorização de 4 (quatro) projetos acima de 350k, com maior retorno financeiro para a organização.

3 DESDOBRAMENTO DE CUSTOS NO CONTEXTO DO WCM

Esta seção apresenta o arcabouço teórico que subsidia esta investigação, a partir da descrição dos princípios da produção enxuta, apresentação da essência do WCM e descrição dos pilares técnicos para eliminação de perdas nessa perspectiva, com foco no pilar desdobramento de custos que atua na redução de perdas e na obtenção de resultados, por fim, destacam-se as matrizes responsáveis por correlacionar custos e perdas.

3.1 Produção enxuta

A expressão “Produção Enxuta”² tornou-se popular a respeito das técnicas adotadas pela fabricante automobilística Toyota, visando atingir a excelência em produtividade. Segundo MacDonald, Aken e Rentes (2000), a Produção Enxuta reúne uma série de princípios para eliminar desperdícios durante a produção dos produtos, buscando atingir (ou até superar) as expectativas dos clientes. Suas técnicas procuram minimizar as perdas dentro da empresa, gerando produtos a um menor custo e possibilitando à organização produzir a um preço menor e sem perda da qualidade. Os métodos adotados por essa empresa norteavam-se no interesse em uma produtividade otimizada segundo a qualidade dos seus produtos (MACDONALD; AKEN; RENTES, 2000).

Para Liker (2006), em termos históricos, a Toyota apresentou uma evolução em relação ao sistema fordista, em especial, por apresentar uma menor utilização de recursos, explorar as necessidades dos clientes e aproveitar a capacidade intelectual dos seus colaboradores. Segundo o autor, em uma produção enxuta pretende-se organizar e gerenciar as ações na busca por aperfeiçoamentos, obtendo por consequência a redução de prazos e de custos, além de trabalhar a integração dos processos envolvidos.

Otimizar a produção requer atendimento eficiente dos clientes, redução de prazos, além da obtenção do menor custo dos produtos com a mesma qualidade. (MACDONALD; AKEN; RENTES, 2000). Para atingir tais resultados, é preciso integrar todas as partes de uma organização,

² Produção Enxuta - expressão que indica o nome que o Sistema Toyota recebeu no ocidente, também conhecida como *Lean*, representa um conjunto de técnicas que acordadas e aperfeiçoadas, permite reduzir as fontes de desperdícios e buscar a melhoria contínua. (SILVA et al., 2018, p. 5)

eliminando perdas e desperdícios por meio da adoção de um melhor gerenciamento (MACDONALD; AKEN; RENTES, 2000).

Conforme Womack e Jones (2004), para se atingir os objetivos da produção enxuta, é preciso tomar como base os seguintes fundamentos:

- a) Definir valor: atender as necessidades dos clientes, buscando estabelecer o que realmente agrega valor para a organização;
- b) Analisar a cadeia de valor: distinguir dentro do conjunto de atividades e de etapas aquelas que efetivamente geram valor para a produção;
- c) Produção direcionada: ater-se às solicitações dos clientes e, assim, gerar como resultado somente as requisições nos prazos adequados;
- d) Fluxo contínuo: buscar direcionar a produção, para que seja constante e com poucas oscilações;
- e) Otimização: trabalhar para a contínua melhoria das condições de produção e dos produtos.

A produção enxuta volta-se também para uma atuação eficiente sobre o tempo de espera por atendimento do cliente, portanto não se limita apenas na redução das perdas. O atendimento correto e nos prazos estabelecidos geram maior valor para a organização, sendo que tal filosofia, para ser eficiente, precisa estar em consonância com os objetivos e as diretrizes da própria instituição (TUBINO, 2015).

Agregar valor aos produtos remete a ideia de identificar as atividades e as etapas que são percorridas, eliminando os desperdícios e aumentando o valor agregado para o cliente. Logo, pode-se dizer que as atividades que agregam valor são aquelas que transformam o produto ou serviço e que o cliente esteja disposto a pagar por elas (WOMACK; JONES, 2004).

Sabe-se que dentro de um processo produtivo, algumas etapas são percorridas, mas não agregam valor aos olhos do cliente, no entanto são relevantes dentro do processo para assegurar que as demais possam reduzir desperdícios, assim, podem ser consideradas necessárias. Toda organização possui etapas ou atividades que não agregam valor aos produtos e não apresenta uma necessidade para as demais, representando neste caso os desperdícios e, portanto, podendo ser eliminada (WOMACK; JONES, 2004).

Uma produção não é composta apenas por etapas de manufatura dos produtos, envolve também atividades de inspeção, transportes e esperas, e que somadas ao processamento compõem o *lead time* (o intervalo de tempo decorrido durante toda atividade). O tempo total para um objeto

passar por todo o processo, desde o início do recebimento do pedido até a entrega ao cliente, pode ser mensurado pelo *lead time*, e quanto menor for esta quantificação de tempo, mais eficiente é o sistema de produção (TUBINO, 2015).

Na produção enxuta, o *lead time* quantificado de forma cronométrica com valores elevados representa desperdícios e prejuízos em um processo, entretanto, caso o tempo for curto, resulta em giro elevado de estoque (SHARMA; KODALI, 2008). O tempo de ciclo representa a frequência de produção de forma completa, o mesmo equivale ao *lead time* quando lidamos com uma produtividade contínua e sem interrupções. Para que a produtividade seja otimizada, deve-se buscar a redução das perdas que ocorrem durante a produção, a fim de satisfazer as expectativas do cliente ou até mesmo superá-las. (MACDONALD; AKEN; RENTES, 2000).

Ao se pensar em desperdícios, é preciso quantificá-los e identificá-los com base nas condições com as quais o cliente não estaria disposto a arcar ao adquirir produtos, assim, é sempre desejável considerar os seguintes fundamentos descritos no Quadro 1:

Quadro 1 - Descrições dos desperdícios

Superprodução	Quando se estabelece uma produção acelerada e além das vendas realizadas, assim, podem ser gastos recursos de forma desnecessária e ainda acumular estoques de itens acabados sem uma destinação definida;
Espera	Nesta situação, decorre uma ociosidade em que os produtos não estão em fases de processamento, inspeção ou transporte;
Transporte	Quando existem movimentações excessivas tanto de um bem material ou de informações, essas acabam gerando um acréscimo no tempo de aprovisionamento da produção;
Estoque	Quando os níveis de produtos estão elevados, a produção necessita ser alterada, a fim de garantir a quantidade de atendimentos aos clientes com base na disponibilidade, desse modo, é preciso reduzir as quantidades para que os produtos não se acumulem;
Processamento	Na incidência de inconformidades nas tecnologias adotadas, ocorrem perdas no processo por não aproveitar a maximização de possibilidades das etapas;
Movimentação	Nas etapas e processos, ocorrem movimentações de cargas, estoques, produtos e de diversos outros recursos. Quando as operações de movimentação não são planejadas, as perdas podem ocorrer por esforços desnecessários;
Defeitos	Em uma linha de produção, a ocorrência de defeitos é sempre indesejada, com isso, a qualidade é afetada e podem ser desperdiçados os produtos já fabricados, ou são gerados retrabalhos para ajuste conforme os padrões adotados;
Falta de aproveitamento de capital humano	É preciso estimular a criatividade e explorar as potencialidades dos colaboradores de modo a reduzir as perdas e assegurar uma maior participação de todos na evolução dos processos.

Fonte: Adaptado de Feld (2000)

Ao se desejar uma redução dos custos, deve-se buscar compreender como uma boa gestão empresarial pode ser aplicada e desenvolvida, mas o pensamento a respeito da produção enxuta engloba também a abordagem gerencial, visto que não se recomenda a implantação de algumas melhorias isoladamente, este sistema é uma metodologia de trabalho que visa à eliminação dos desperdícios e o foco no cliente, já que esses princípios são fundamentais para que haja a sincronização das operações.

pois se deve focar na sincronização das ferramentas sobre como um organismo que precisa de algumas solicitações pode ser otimizado, seguindo etapas para se desenvolver adequadamente em busca de resultados de longo prazo. Em muitas etapas gerenciais, os resultados não são imediatos, necessitando que a cultura organizacional evolua e aperfeiçoe continuamente, seguindo as diretrizes dos clientes e alinhando com as tendências de mercado (DENNIS, 2008).

Para se alcançar a melhoria contínua, o pensamento *lead time* segue uma estrutura sequencial da organização, buscando sempre um retorno quando necessário em etapas anteriores para alcançar otimizações (FELD, 2000). As orientações seguem o intuito primordial de identificar valor, pois, assim, se atinge os interesses dos clientes, analisando o valor que o mesmo atribui aos produtos.

Na sequência, tem-se a identificação da cadeia de valor, para verificar as etapas necessárias e propor intervenções para reduzir as perdas. O terceiro procedimento diz respeito à introdução de um fluxo na cadeia para que o valor gerado seja aperfeiçoado e possa manter um fluxo contínuo, assim deve se proceder melhorias no processo e valorizar a participação e contribuição efetiva dos colaboradores (FELD, 2000).

3.2 O WCM

O termo WCM, traduzido como Manufatura de Classe Mundial, corresponde a um agrupamento de conceitos, técnicas, fundamentos e políticas direcionadas para o atendimento da produção enxuta dentro do gerenciamento organizacional (SHARMA; KODALI, 2008). Por meio dessa ferramenta, estabelece-se uma padronização mundial de produção, para tanto requer que as organizações que a utilizam, adotem uma postura de mudança cultural, buscando englobar todos os níveis (YAMASHINA, 2009).

Cortez et al. (2010) indica, como critérios norteadores do WCM, os seguintes pontos:

- a) Lógica: para se adotar o WCM devem ser implementados fundamentos lógicos para aferição e análise de dados presentes;
- b) Métodos e Recursos: na existência de inconformidades, devem ser abordadas técnicas e ferramentas para a busca de soluções;
- c) Rigor: para a obtenção satisfatória de resultados, deve-se seguir uma disciplina rígida e a devida profundidade de verificação;
- d) Ritmo: algumas medidas surtem efeitos mais imediatos, mas outras requerem tempo para que sejam gerados os resultados, desse modo, é preciso que o ritmo de adequação seja condizente com a capacidade de envolvimento dos participantes e das competências;
- e) Resultados: são os principais objetivos a serem alcançados, portanto, devem-se direcionar esforços na solução dos problemas, no controle das falhas e nos aperfeiçoamentos necessários.

De acordo com Biasotto (2006), para que tais pontos sejam alcançados, alguns pilares técnicos são seguidos como forma de atuação na eliminação das perdas, sendo eles descritos no Quadro 2, como se pode ver a seguir:

Quadro 2 - Pilares técnicos para a eliminação de perdas

Segurança	Deve-se manter uma integridade das condições do trabalho, para isso o ambiente e as condições de trabalho devem ser cuidadosamente seguidos.
Desdobramento de custos	Atuar na eliminação ou na redução de perdas envolvidas nos processos.
Melhoria direcionada	Atuação primordial em problemas mais impactantes, para isso, deve-se implementar técnicas e métodos voltados para decorrências maiores no sistema.
Atividades Autônomas	Gerar um conhecimento dos colaboradores para que os mesmos sejam capazes de atuarem na melhoria e na qualidade dos serviços.
Manutenção Profissional	Atuação na redução dos custos da manutenção, antevendo as falhas e quebras.
Qualidade	Eliminação das perdas e não conformidades, assegurando uma maior satisfação dos clientes.
Logística	Gerar uma melhoria nas movimentações, nos estoques, no armazenamento e no atendimento, tanto interno quanto nas entregas aos clientes.
Gestão de equipamentos	Promover atualizações e a substituição dos equipamentos, para que se tenha uma maior produtividade.
Desenvolvimento de pessoas	Gerar conhecimentos para todos a respeito das competências englobadas no WCM.
Meio ambiente e Energia	Eliminar danos ao meio ambiente, buscando uma produção mais limpa e com uso responsável dos recursos energéticos e naturais.

Fonte: Adaptado de Biasotto (2006)

Para conciliar os níveis estruturais, as empresas e organizações acabam por desenvolverem o WCM de modo padronizado, existindo especialistas externos os quais podem conferir a certificação por meio de auditoria para avaliação das práticas gerenciais (CORTEZ et al., 2010). Para que as organizações possam dispor de tal aprovação, devem adotar em suas estratégias os pilares técnicos e gerenciais do WCM, verificando as condições de implementação e as melhorias a serem alcançadas.

Para De Felice *et al.* (2013), existem fatores críticos que dificultam a implementação, assim, as ferramentas devem ser analisadas e condicionadas aos propósitos desejados, pois, de acordo com o WCM, o desenvolvimento de tal filosofia corporativa necessita de convergência com os objetivos operacionais. Gerar melhorias por meio de uma mudança de execução de ações requer o atendimento das metodologias, seguindo a estruturação e as definições conforme as premissas enunciadas.

O *World Class Manufacturing* configura-se, portanto, em uma metodologia de práticas mundialmente seguidas, com a observação das práticas de fabricação. Para Yamashina (2009), consegue-se a aplicação dessa ferramenta, primeiramente, seguindo a busca por identificação dos problemas, assim, na sequência, estrutura-se a implementação do método a ser adotado e como se deve controlar os resultados gerados.

A estruturação atual do WCM foi formulada por Hajime Yamashina, em 2005, para a aplicação na *Fiat Group Automobiles*, cujo modelo ganhou representatividade e aplicabilidade nas mais diversas indústrias por sua atuação voltada para o atendimento de interesses convergentes com as necessidades e as demandas (CORTEZ et al., 2010).

A construção dos pilares gerenciais volta-se para o auxílio dos fundamentos operacionais, com isso, deve-se promover um comprometimento dos envolvidos na solução dos problemas. Com as condições operacionais, os pilares voltam-se para os objetivos com propósitos operacionais que, junto com os pilares gerenciais, constituem uma estrutura de manufatura de classe mundial (YAMASHINA, 2009).

Os pilares ao serem respeitados dão condição de a organização seguir determinados modelos para a geração de conhecimentos úteis os quais podem ser abordados em todos os processos. Para que sejam atingidos os propósitos, deve-se contar com o envolvimento gerencial, dotados de uma clareza e uma rota para se atingir os objetivos, além disso, é preciso que todos os

participantes tenham a qualificação necessária para se comprometerem segundo os interesses da organização (YAMASHINA, 2009).

Visando incrementar o desempenho produtivo, segundo os sequenciamentos lógicos e os aspectos de qualidade, além dos pilares técnicos, são também correlacionados aspectos gerenciais. Na promoção da caracterização deste estudo, norteou-se a verificação dos fundamentos técnicos como forma de exposição das melhorias que possam ser trabalhadas perante a adoção de aspectos técnicos.

3.2.1 O Pilar Desdobramento de custos

O desdobramento de custo representa no WCM uma conexão presente diante da separação e individualização de áreas da produção, as quais podem ser aperfeiçoadas, com os resultados de melhorias de desempenho que podem ser estabelecidos com base na construção dos demais pilares envolvidos (CORTEZ et al., 2010).

O desdobramento de custo é conhecido como *Cost Deployment*, atua na redução de perdas e na obtenção de resultados. Segundo seus princípios, direciona os projetos para uma melhoria contínua, buscando como prioridade o foco nas causas das maiores incidências de perdas nos processos. Ao se pensar em como reduzir as ineficiências, é preciso ater-se à necessidade de se avaliar a relação custo/benefício, assim todas as ações se guiam na melhor correlação existente dos parâmetros de custos e resultados possíveis.

O pilar do desdobramento de custos norteia-se na definição de atuações que possam, de maneira sistêmica, gerar impactos positivos no que diz respeito à produção em relação ao planejamento e controle (MASSONE, 2007). Muito embora os aspectos gerenciais busquem sempre uma produção com os menores custos, o controle requer uma qualidade a ser alcançada e a produção deseja sempre os melhores recursos para a facilitação dos trabalhos, assim, quando todos chegam a um consenso, as otimizações acabam promovendo melhorias organizacionais.

Segundo Yamashina (2000), os programas de melhoria geram como resultado uma melhoria sistêmica, por englobar a produção, o planejamento e o controle simultaneamente. Tudo se torna possível graças ao estudo das correlações existentes entre os custos envolvidos e os desperdícios presentes na produtividade.

A busca por uma redução de perdas decorre mediante a aplicação de ações para a redução de custos, assim, quando se deseja uma melhoria no gerenciamento de um processo, consegue-se por consequência a eliminação de alguns gargalos produtivos ou a eliminação de alguma ineficiência. Quando se aplica medidas, requer inicialmente um *know-how* dos participantes para que possam atuar, uma seleção de prioridades do projeto, buscando os melhores custos-benefícios e um monitoramento dos resultados e adequações implementadas (CORTEZ et al., 2010).

O *Cost Deployment* acaba por permitir que as performances operacionais sejam aferidas com base nas correlações, com isso os dados de eficiência, de produtividade e de perdas são confrontados com o desempenho econômico e com as possibilidades de custos envolvidos. Ao se nortear a busca por redução de custos, deve-se orientar, segundo caminhos lógicos, para a busca de excelência (CORTEZ et al., 2010).

Ao se deparar com uma perda, a mesma deve ser investigada, a fim de apontar sua localização, a equipe de atuação no problema e quais são os custos envolvidos na solução. Na sequência, torna-se possível definir quais os objetivos envolvendo a redução dos custos e como os mesmos podem ser discriminados de acordo com as etapas de produção (FERREIRA, 2020).

Definir as intervenções passa pela verificação dos custos existentes em relação ao custo padrão, para tal caso, é preciso que todo o processo produtivo seja analisado e se tenha conhecimento sobre os custos de cada etapa (NITTI, 2020). Ao levantar cada custo em não conformidade, o desafio de apontar a localização fornece condições de uma intervenção direcionada capaz de gerar resultados para todo o processo.

Ao se colocar em prática a atuação, é preciso ter em mente que os custos podem ser identificados e, assim, verificados os ganhos atribuídos nas intervenções, sempre se levando em conta os valores atribuídos como padrões de custos do processo. A análise de custo-benefício favorece a exposição dos resultados esperados, desse modo, a raiz do problema pode ser atacada com a elaboração de um plano de ação de melhoria, em que, além dos custos, torna-se possível englobar benefícios aos quais a linha de produção como um todo pode ser beneficiada com as intervenções (NITTI, 2020).

Como em demais processos gerenciáveis, é preciso que toda mudança ou atuação voltada para a geração de melhoria seja continuamente acompanhada, com isso, podem ser realizadas comparações com as expectativas de melhorias iniciais do projeto e os resultados gerados na implementação. Quando se obtém a redução dos custos, os valores disponíveis podem ser aferidos

como forma de geração de caixa para a organização ou identificados como efetivos para arcar com as intervenções em busca de um contínuo aperfeiçoamento (QUEIROZ, 2016).

Para relacionar o *Cost Deployment* com o orçamento organizacional disponível, é preciso levar em conta os custos envolvidos de oportunidade, ou seja, aqueles que serão estruturados segundo o interesse em gerar as metas gerenciais. Nesses custos de implementação, é feito um levantamento dos reflexos gerados para os períodos seguintes. Para que todos os fatores sejam observados e mensurados, uma documentação é construída constando de procedimentos, recursos, participantes e ações a serem estruturadas para que as reduções dos custos sejam definidas (FERREIRA, 2020).

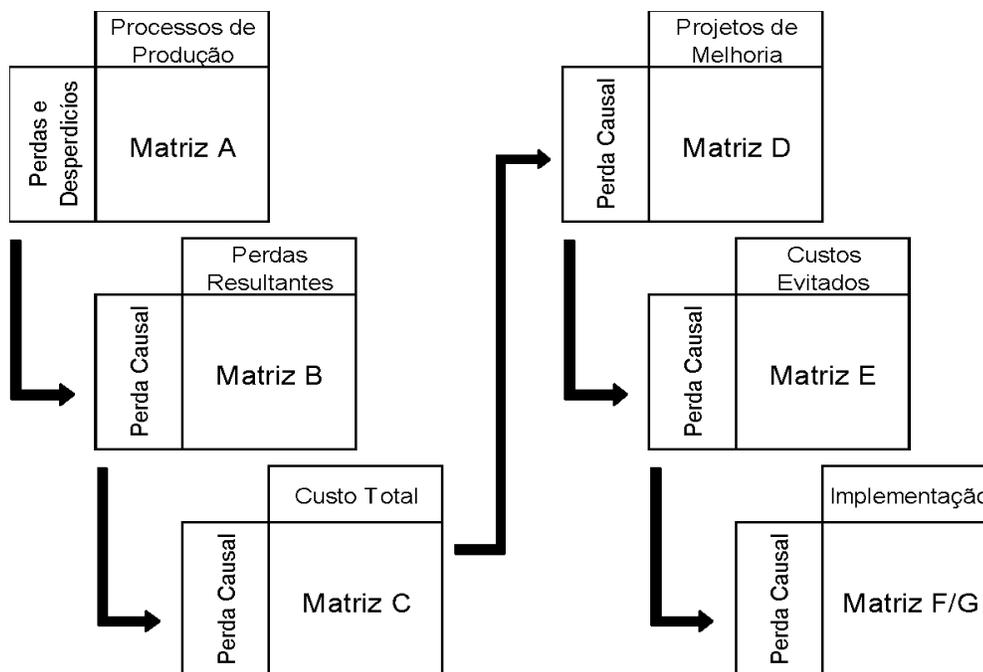
Na construção de matrizes para se verificar os custos presentes em uma indústria, é preciso destacar a representatividade dos mesmos no processo. Na sequência de atuação, deve-se direcionar os esforços em avaliar e correlacionar as matrizes de aplicação da avaliação dos custos, segundo o sequenciamento proposto por Yamashina e Kubo (2002). Essas matrizes podem ser melhor compreendidas na sequência, como a descrevem Dantas (2016):

- a) Matriz A: por meio da mesma, verifica-se os principais desperdícios presentes no sistema de produção existente, em sua execução se agrupam as perdas no eixo vertical da matriz e os locais de ocorrência no eixo horizontal. É importante destacar que nesta matriz, prioritariamente, se correlacionam as perdas de maior frequência na parte superior, explorando claramente os maiores impactos prioritários;
- b) Matriz B: em um processo envolvendo diversas etapas sequenciais acaba por se configurar, como resultado, diversas perdas segundo deriva de outros pontos, com isso, é primordial a correlação entre as perdas existentes, bem como apresentar como tais impactos refletem ou não no sistema produtivo. No seu eixo vertical, são dispostos as perdas causais e os seus locais de ocorrência; já no plano horizontal, constam as perdas resultantes e os seus respectivos locais de constatação;
- c) Matriz C: são dispostos os custos monetários das despesas originadas pelas perdas presentes, destacando-se de forma proporcional as premissas existentes relativas às onerações de materiais diretos ou indiretos envolvidos, custos de energia, mão de obra e demais recursos. As perdas causais apresentam, no eixo vertical, em compasso com o local de ocorrência e os fatores envolvidos no eixo horizontal, deixando claro de forma quantitativa as condições de gastos;

- d) Matriz D: para gerar uma redução de desperdícios, é preciso implementar mudanças que possam gerar resultados, desse modo, é necessário avaliar as ações mais adequadas, direcionando esforços nos problemas segundo o ordenamento estabelecido nas fases anteriores. O sequenciamento assemelha-se à matriz C, ordenando as perdas causais no eixo vertical e dispendo da colocação das técnicas a serem seguidas no eixo horizontal;
- e) Matriz E: por meio da mesma, estabelecem-se prioridades de projeto com base na eficiência das ações e nos investimentos propostos. Para sua atuação, torna-se obrigatório um *link* com a matriz D, na qual se estima, com base nas experiências e conhecimentos anteriores, quais programas tendem a promover uma melhor redução dos custos;
- f) Matriz F/G: nessas duas matrizes são juntamente avaliados e acompanhados os desenvolvimentos da matriz E, levantando-se o plano completo de implementação, os responsáveis, os potenciais benefícios, os recursos a serem envolvidos e os objetivos a serem alcançados.

Como forma de apresentar e caracterizar o sequenciamento matricial, a seguir, tem-se a Figura 1, que apresenta o fluxograma de matrizes WCM, elaborado segundo o ordenamento das etapas envolvidas.

Figura 1 - Fluxograma de matrizes WCM



Fonte: Adaptado de Braglia et al. (2019)

Ao desejar aplicar os 7 (sete) passos presentes nas matrizes, destaca-se a observação de 3 (três) etapas efetivas para uma implantação, compostas e separadas em níveis, ou seja, o estratégico, o tático e o operacional. Independente do processo analisado, é preciso que o *Cost Deployment* disponha de uma documentação completa, que contemplem as disposições de sequenciamento produtivo, as condições e as estruturas dos processos, os controles desses processos e os recursos disponíveis. Deve constar nesses registros as metas de redução dos custos, elaboradas segundo os interesses da organização (FERREIRA, 2020).

As composições estruturais dos níveis organizacionais podem ser ilustradas como na Figura 2, vista a seguir, de acordo com o entendimento de Ferreira (2020):

Figura 2 - Níveis organizacionais



Fonte: Adaptado de Ferreira (2020)

Segundo Montana (2010), as atuações de planejamento nos níveis estabelecidos são peculiares e únicas perante a atuação gerencial, pois, segundo o autor, a realidade de cada empresa se impõe e determina as considerações nas quais podem ser elaboradas propostas de melhorias.

Para Oliveira (2007), no nível estratégico, direcionam-se esforços no gerenciamento de objetivos delimitados e considerados como norteadores para a execução das ações, para tanto, estabelecem-se diretrizes com base nas premissas internas e externas da organização.

Para Maximiano (2010), todo o planejamento no nível estratégico segue decisões com base no atendimento das requisições da produção, trabalhando nos colaboradores atuações que levem à adoção de fundamentos e estratégias alinhadas aos interesses desejados.

De acordo com Oliveira (2007), ao promover uma análise dos aspectos internos e externos da produção, a organização consegue ter um esclarecimento sobre as condições de produção e, ao mesmo tempo, consegue entender as solicitações e os anseios do mercado, como também dos clientes.

No nível tático, verifica-se a situação de cada parte ou setor da organização, mediante a procedência da avaliação da qualidade, verificam-se as condições de produção, como estão se estruturando, as considerações de médio prazo do trabalho na empresa. O planejamento se desenha, a fim de que os objetivos e metas sejam considerados por meio do detalhamento de cada parte relevante do processo. Como estratégia de ação, aborda-se o *Cockpit* da empresa para centralizar e

organizar todas as informações e o *Dashboard* para construir um painel com informações de indicadores relevantes para a empresa, tais como, os objetivos, as metas e os dados agrupados por interesse (MONTANA, 2010).

Para se implementar as premissas estabelecidas, atua-se no nível operacional com o fim de estabelecer as atuações, os responsáveis para que os processos possam ocorrer no intuito de atingir os interesses planejados. Por ser um plano de atuação prática, busca-se atingir as metas, eliminar gargalos e gerar resultados em curto prazo, assim o interesse se volta para a eficiência da produção vigente (MONTANA, 2010).

3.2.2 Perdas e desperdícios

No gerenciamento dos processos, as perdas e os desperdícios são sempre indesejáveis, todas as atividades nas quais não são capazes de gerarem valor acabam por resultarem em gastos, tanto em aspectos monetários, quanto em tempo e trabalho. Na busca por melhorias, sempre se direcionam esforços na eliminação de condições que afetam o desempenho organizacional (QUEIROZ, 2016).

No interesse em se avaliar os desperdícios, destacam-se as correlações existentes entre seis matrizes as quais direcionam a atuação na quantificação das perdas em geral, para mensurá-las em valores monetários. De acordo com Keegan (2016), as perdas podem ser classificadas da forma como se vê no Quadro 3:

Quadro 3 - Agrupamento dos tipos de perdas

1.	Perdas por eficiência global dos equipamentos
2.	Perdas em tempo de disponibilidade dos equipamentos
3.	Perdas com homem-hora
4.	Perdas da estruturação das ações dos colaboradores
5.	Perdas com defeitos
6.	Perdas de qualidade

Fonte: Adaptado de Keegan (2016)

Nakagawa (1993) afirma que as perdas estão presentes nos custos em que não são gerados valores aos clientes, com isso, prejudica-se não só a organização, mas, em vários aspectos, a sociedade como um todo. Segundo o autor, tais desperdícios podem estar presentes em um não

aproveitamento da mão de obra, dos materiais, das formas de energia e até mesmo em ocorrências, como acidentes do trabalho, em que se gera um impacto social.

No entendimento do WCM, tais perdas podem ser mensuradas nas suas respectivas unidades, tais como: horas de trabalho, consumo de energia por quilowatt-hora (KWh), litros ou quilogramas, etc. Já os custos são as transformações das unidades para os valores monetários, os quais dão a dimensão financeira dos impactos para a organização (YAMASHINA, 2009).

Perante o WCM, as perdas que envolvem os equipamentos estão diretamente ligadas às quebras, às trocas necessárias para o acondicionamento, às substituições de material de trabalho, às circunstâncias de parada da produção para manutenção, às paradas por espera no ciclo do processo e ou ao acondicionamento do ritmo de trabalho das demais etapas. Existem também as perdas em decorrência de inatividade de equipamentos por falta de algum recurso, defeitos decorrentes dos processos ou, ainda, do próprio equipamento (FERREIRA, 2020).

Segundo Nakagawa (1993), a respeito da mão de obra, são considerados desperdícios os fatores que envolvem uma gestão não eficiente dos trabalhos, falhas no ordenamento dos movimentos das operações em decorrência do ritmo de trabalho dos equipamentos e da disponibilidade de mão de obra, falta de automação e retrabalhos por não atendimento aos requisitos de qualidade.

Já as perdas em decorrência de problemas com os materiais apresentam-se na utilização de compostos com defeitos ou com inconformidades, na abordagem e no desperdício de energia ou sobrecarga durante o processo, além das perdas que envolvem a manutenção mediante o consumo de materiais de reposição por utilização nas manutenções (YAMASHINA, 2009).

Relativo às perdas diretamente relacionadas à energia podem ser considerados os consumos desnecessários ou excessivos, a falta de recuperação de energia e a carência de automação. Outras perdas energéticas estão voltadas para as condições do processo em que se despende gasto por falhas na transmissão, na transformação e na indisponibilidade de uso de energias renováveis (YAMASHINA, 2009).

4 DESDOBRAMENTO DE CUSTOS EM UMA GRANDE SIDERÚRGICA

Esta seção apresenta os processos de produção enxuta da indústria siderúrgica estudada, dos quais foram extraídos os dados que forneceram informações acerca do custeio, das despesas e da metodologia custo por absorção aplicada pela organização; a partir do conjunto de dados coletados foi possível a construção das matrizes A, B e C. Esses procedimentos descrevem os benefícios que o desdobramento de custos pode auferir para as organizações.

4.1 Caracterização da empresa

O presente trabalho foi desenvolvido e aplicado em uma siderúrgica localizada no interior de Minas Gerais, em uma empresa instalada em uma das cidades da microrregião do Médio Piracicaba³, já há 80 anos, a organização é representativa para o comércio da região, visto que emprega 680 colaboradores diretos, além de 370 terceiros. Denominada como uma usina integrada por possuir os 3 (três) principais processos da siderurgia (alto forno, aciaria e laminação), ela possui capacidade instalada de 380 mil toneladas por ano, constando no portfólio tarugo, perfil T, cantoneira, vergalhão e barras sextavada, chata, redonda e quadrada.

Com um extenso catálogo, bom relacionamento com o cliente e preços competitivos, foi possível a entrada da empresa em vários mercados, tanto internos quanto no exterior, como o agropecuário, civil, automobilístico e outros intermediários. Porém, nos últimos anos, é notória a redução da demanda e da receita do negócio, provocando uma necessidade de mudanças, para isso foram mobilizados os times de vendas, planejamento, custos e gerência da planta, a fim de criarem planos de ações para se manter a rentabilidade do negócio.

Após levantamento de dados internos e *feedback* de clientes, ficou mapeado que vários são os problemas que afetam a rentabilidade da empresa na atualidade, como o atraso nas entregas, falta de mobilização para atração de novos clientes e aumento significativo dos produtos, sendo esse último o mais relatado e que será abordado no plano de ação desenvolvido.

³ Médio Piracicaba – microrregião situada no centro leste do estado de Minas Gerais, constituída por 16 cidades.

Com anos de altas inflações, pandemia e guerras, o comércio, não só o siderúrgico, mas global, sofreu com grande aumento de preços, tanto das matérias primas quanto dos serviços, assim, na empresa em questão o custo do aço aumentou cerca 179% em um período de 5 (cinco) anos. Com isso, a proposta do trabalho foi buscar outras frentes para reduzir esse custo, atacando a performance das máquinas e o aumento de produção das áreas, para diluir o custo fixo.

4.2 Apresentação dos processos

Para conhecimento, apresentam-se, na sequência, as três grandes áreas da siderúrgica, as matérias primas consumidas, os produtos e algumas particularidades.

4.2.1 Área de Alto forno

A produção começa na área dos altos fornos, onde o setor de matéria prima é responsável pelo recebimento de todos os insumos que serão empregados, quais sejam: carvão vegetal, que é o combustível responsável pela redução da carga metálica, minério de ferro e fundentes que serão reduzidos. Através de correias transportadoras, as matérias primas são levadas ao topo do forno e depositadas alternadamente, uma carga de carvão vegetal e, posteriormente, uma carga de minério mais fundente, formando camadas ao longo do interior do forno. Na parte inferior dos fornos, é injetado, através de ventaneiras, o ar, na temperatura aproximada de 1200°C, aquecido por regeneradores, o carvão pulverizado injetado entra em contato com o ar aquecido, gerando gases a elevadas temperaturas. Os gases ao entrarem em contato com a carga metálica irão reduzi-la, produzindo o ferro gusa e a escória, ambos em estado líquido.

Ao fim do processo, os dois produtos são vazados por furos no inferior do alto forno, passando por um canal de refratários, serão separados através da diferença de densidade e o ferro gusa segue caminho para a aciaria, onde será o principal insumo para o aço.

4.2.2 Área de Aciaria

Área onde ocorre toda a transformação do ferro gusa e sucata em aço, começando pelo recebimento do ferro gusa através de panelas com capacidades de 20t a 25t. Na aciaria, o ferro gusa tem dois destinos, o primeiro é o misturador, que funciona como um pulmão caso ocorra algum problema no processo, e o segundo é ir direto para o convertedor LD (*Linz e Donawitz*), local onde ocorrem as reações para transformar o gusa em aço. Detalhando mais o convertedor LD, ele é primeiramente aquecido e carregado com uma carga de sucata de aço sólida e, posteriormente, é despejado o ferro gusa em estado líquido no seu interior, dá-se início ao sopro de O₂ através de lanças com o intuito de reduzir a quantidade de carbono e fósforo do ferro gusa, assim, transformando-o em aço, esse processo é conhecido como refino primário.

Após o processo do LD, o aço é vazado para o forno panela onde receberá ligas metálicas para atingir as especificidades físicas e químicas que são estipuladas de acordo com o cliente para cada aplicação. Por fim, o aço em forma líquida é depositado através das panelas no lingotamento contínuo, onde ocorre a solidificação em formato de tarugos, sendo esse o produto da aciaria que será enviado à laminação ou vendido para o mercado.

4.2.3 Área de Laminação

Finalizando as etapas de produção da siderúrgica, passa-se para a laminação a quente, a qual é responsável por transformar o tarugo produzido na aciaria em produtos acabados e com maior valor de mercado, como barras, perfis e vergalhões.

Ao chegar na laminação, o tarugo é exposto ao forno de reaquecimento para facilitar a conformação, chegando a uma temperatura de 1100°C a 1300°C. Na sequência, o aço é guiado por todo o laminador através de gaiolas com cilindros em seu interior, as quais são responsáveis pela compressão do material ao passar entre eles, sendo moldado de acordo com o produto desejado. Ao final da linha do laminador, os produtos chegam ao leito de resfriamento e, posteriormente, são amarrados e carregados para seguirem o destino até o cliente.

4.3 Processo de custos

Nesse tópico, a ênfase é quanto à didática de gastos da empresa, isto é, como é feito o mapeamento de custos e despesas, qual metodologia é adotada e quais ferramentas são utilizadas nos processos.

4.3.1 Ferramenta SAP

Antes de se detalhar a forma de custeio, faz-se necessário apresentar as ferramentas utilizadas para que os custos fluam corretamente entre as áreas. A empresa implementou o SAP (“*Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung*”, que é traduzida como “Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados”), com o ERP (*Enterprise Resource Planning*), responsável por todo gerenciamento, integrando todas as áreas em um mesmo *software*.

Para esclarecer como funciona essa dinâmica dentro do SAP, é preciso conhecer o fluxo de uma venda:

- a) a venda é registrada no SAP pelo vendedor;
- b) a expedição confirma a disponibilidade do produto;
- c) ocorre a baixa contábil no estoque;
- d) emissão da nota fiscal;
- e) venda concluída;
- f) apuração da contabilidade;
- g) relatório DRE (Demonstrativo do Resultado em Exercício).

Nesse exemplo, todos os processos ocorreram dentro do SAP, desde a efetivação do pedido até a geração do relatório de resultados DRE. A diferença desse exemplo para o aplicado na organização siderúrgica em estudo é que o pedido é feito sem que haja estoque, nesse caso, ocorre a produção puxada.

No modelo de produção puxada, o cliente faz o pedido e a partir da entrada desse pedido no sistema SAP, através de uma ordem de produção, inicia-se a cadeia produtiva. As vantagens do

método é o menor custo em estoque, visto que evita desperdícios, aumenta a produtividade, não gera excesso de produção e contribui para maior qualidade do produto, todos esses pontos são pilares da metodologia *Just In Time*. Mas como desvantagens são citados o atraso nas entregas, dependência de fatores externos, ociosidade ou sobrecarga da mão de obra devido à baixa ou alta demanda do mercado, além da falta de previsibilidade.

4.3.2 Forma de custeio

Todos os gastos da organização, sejam eles custos, despesas ou investimentos são alocados diretamente no setor onde ocorreu e cada gasto possui uma classificação única de acordo com sua natureza. Para exemplificar, as instalações possuem códigos para que ocorra a apropriação do gasto da seguinte maneira: “100-001”, onde o “100” representa a área de produção e o “001” a célula de produção, nesse caso, refere-se ao alto forno 1. O tipo do gasto é classificado de acordo com uma categoria de custos, como, por exemplo, tem-se a categoria do gasto com minério de ferro: “0010-0002” em que “0010” se refere aos gastos com matérias primas e “0002” ao insumo minério de ferro.

Exemplo prático:

Para a empresa produzir 10kt de gusa no alto forno 1, foram necessários 19kt de minério de ferro a um custo de 327 R\$/t.

$19\text{kt de minério} \times 327 \text{ R\$/t} = \text{R\$ } 6.213.000,00.$

Todo esse custo foi apropriado ao local de instalação 100-001 (alto forno 1) na categoria de custos 0010-002 (matéria prima minério de ferro).

4.3.3 Metodologia Custo por absorção

Após todos os gastos serem classificados de acordo com o local de instalação e a categoria de custos, ocorrerá o custeio e a metodologia adotada pela empresa forma o custo por absorção. Nesse modelo, a apropriação de todos os custos existentes será diretamente no produto, sejam eles fixos ou variáveis, diretos ou indiretos.

Os custos variáveis são aqueles que só existem se a produção ocorrer, então quanto maior a produção maior o montante em R\$ será gasto com os custos variáveis; porém, o custo unitário se mantém, como exemplo se tem o minério de ferro, a sucata e o carvão vegetal. Já o custo fixo não possui relação direta com a produção, ele permanece constante independente do quanto que se vai produzir, um exemplo são os salários dos colaboradores, IPTU, manutenções, etc.

Outra definição dos custos é o direto, ou seja, refere-se ao custo que tem relação direta com a área onde o produto é fabricado; já o indireto é um custo não tão claro de qual área pertence, sendo necessário um rateio, como exemplo se tem a água, a energia elétrica e o serviço prestado por áreas de apoio, que são fornecidos a toda usina.

Para realizar a apropriação dos custos do produto, fazem-se necessários dois métodos, quais sejam:

- a) Ficha técnica “receita do bolo”: todo produto possui uma receita para atingir as especificidades e a quantidade impostas pelo cliente, assim, através dessa ficha ocorre todos os apontamentos de insumos que são consumidos durante a produção. O colaborador responsável pela produção em cada horário fica responsável por esses apontamentos e, dessa maneira, o custo das matérias primas são alocados corretamente em cada produto, de acordo com o que cada um consumiu;
- b) Tempo máquina: após todo o custo da matéria prima ter sido alocado, ocorre a apropriação dos custos da operação. Nesse método, cada produto vai pagar uma parcela do operacional de acordo com o tempo que se gastou para produzi-lo, esse tempo é mensurado em horas. A partir do momento que o produto entra na linha de produção, é monitorado o tempo total de manufatura, até a saída. Assim, essas horas constituirão o método de rateio do custo operacional da área.

Um dado a se considerar, tal como um resumo para dar clareza e facilitar a gestão, a empresa possui grupos de custos, que são os seguintes: Energéticos (O₂, N₂, energia elétrica, óleo combustível...), MOD (Mão de obra direta), MOI (Mão de obra indireta), materiais e depreciação. Nesses grupos cada um possui uma tarifa (R\$/t) que corresponde ao total gasto em reais pela quantidade de aço produzida em tonelada, isso facilita o entendimento da representatividade que cada um possui.

4.4 Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada por meio de entrevistas em profundidade, com participantes do processo de gerenciamento de custos da organização. Mediante o levantamento de informações, buscou-se avaliar e analisar os impactos dos custos em todo o processo.

Para validar as informações e efetuar uma comparação, os desempenhos dos custos foram comparados a documentos e a dados registrados da empresa, abordando os principais fatores impactantes de custos do processo como um todo, permitindo com isso uma caracterização a respeito da capacidade de propagação dos impactos em uma cadeia sequencial de produção.

Segundo Martins e Theóphilo (2009), ao se proceder um estudo de caso, conciliando a verificação documental em conjunto com a análise das informações dos profissionais, possibilita que o esclarecimento sobre os impactos dos custos seja melhor fundamentado, assim, ponderando os dados históricos com as condições atuais de fábrica.

A percepção dos colaboradores torna-se uma exposição clara e objetiva, centrada em atribuir argumentos e premissas nas quais podem expor as composições de custos, como os processos podem ser estruturados e como as etapas produtivas acabam sendo sequenciais e dependentes. O roteiro das condições da coleta de informações foi realizado conforme a sequência discriminada, a seguir:

- a) Etapa 1 – Verificar as condições gerenciais da empresa: as entrevistas contaram com a participação dos gestores de cada setor, com isso, os mesmos contribuíram para detalhar e apresentar a gestão dos custos envolvidos;
- b) Etapa 2 – Na sequência, os dados e os documentos fornecidos serviram, primeiro, para uma análise quantitativa sobre os custos envolvidos e, depois, para demonstrar como eles podem ser explicitados perante a respectiva representatividade no processo;
- c) Etapa 3 – Entrevista com equipe de chão de fábrica para compreender as condições reais do cotidiano, apresentando basicamente como são estruturados os processos operacionais e quais recursos são trabalhados diariamente;
- d) Etapa 4 – Análise sobre as condições do estudo de caso, analisando as implicações de cada área e como os custos acabam impactando na cadeia produtiva.

Por meio de dados tangíveis e de uma abordagem quantitativa das informações, em compasso com dados qualitativos das entrevistas, tornou-se possível visualizar os impactos e os problemas gerados pelos custos. Os fundamentos dos estudos acabaram gerando condições de aplicação do *Cost Deployment*, determinando, assim, as implicações na cadeia como um todo.

4.5 Construção das matrizes

Essa é a fase do trabalho mais importante, momento em que aplicamos o conhecimento e construímos as matrizes A, B e C do WCM. A partir da coleta de dados realizada durante todo o período junto aos colaboradores e gerentes, foi possível montar uma análise embasada e assertiva. Segue a demonstração da construção das matrizes.

4.5.1 Matriz A

Foram estratificadas todas as seis subáreas dentro do alto forno, quais sejam: Correia transportadora, canal de vazamento, silo de distribuição, alto forno (Redução), injeção de moinha e regeneradores. Em sequência, classificaram-se as principais perdas que já ocorreram ou que têm potencial de ocorrer, prejudicando, assim, toda a cadeia produtiva da usina. Por fim, um mapa de calor com 3 (três) divisões coloridas serviu para classificar a criticidade de cada perda, de forma que a cor verde representa baixa criticidade, a cor amarela representa média e a cor vermelha elevada criticidade, como exposto na Figura 3.

Figura 3 – Matriz A/Mapa de criticidade das perdas

		Perdas	Correia transportadora	Silo de distribuição	Alto forno (Redução)	Injeção de moinha	Regeneradores	Canal de vazamento
TIPO DE PERDA	PRODUÇÃO	Falta de carvão	Red	Red	Red	Am	Am	Ver
		Poucos fornecedores de MP	Am	Am	Am	Am	Am	Am
	QUALIDADE	MP molhada	Am	Am	Am	Am	Am	Ver
		Geração de sucata	Ver	Ver	Am	Ver	Ver	Ver
		Qualidade do minério	Ver	Ver	Am	Am	Am	Ver
	MANUTENÇÃO	Incêndio	Ver	Ver	Am	Ver	Ver	Ver
		Erro planejamento de manutenção	Am	Am	Red	Am	Am	Am
		Quebra de equipamento	Red	Red	Red	Red	Red	Ver
		Queda de energia	Am	Am	Ver	Red	Red	Ver
	PCP	Composição de carga errada	Ver	Ver	Ver	Ver	Ver	Ver
		Erro planejamento de produção	Ver	Ver	Ver	Ver	Ver	Ver
		Lotação na aciaria	Ver	Ver	Red	Ver	Ver	Red
	MO	Absenteísmo	Red	Red	Red	Red	Red	Red
		Falta de treinamento	Ver	Ver	Red	Red	Red	Ver

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Desse modo, temos a primeira matriz do WCM, a qual já permite analisar alguns pontos de atenção e de alta criticidade no processo, porém se faz necessário a construção de todas as matrizes para ficar mais claro e objetivo o trabalho, evitando-se tomadas de decisões errôneas ao atacar frente onde não estão as principais causadoras de grandes perdas.

4.5.2 Matriz B

Para a construção da matriz B, primeiro, elaborou-se a classificação entre as perdas, distinguindo-se perda causal e perda resultante (Figura 4). Essa diferenciação entre elas faz-se necessária para não ocorrer uma atacabilidade em uma perda resultante, pois esse tipo é gerado através de perdas causais, que, muitas vezes, são raízes de várias outras resultantes, logo se pode direcionar esforço eficiente para tratar uma causal.

Figura 4 – Classificação por tipo de perda

		PERDAS	CAUSAL	RESULTANTE
PRODUÇÃO	Falta de carvão			X
	Poucos fornecedores de MP		X	
QUALIDADE	MP molhada			X
	Geração de sucata			X
	Qualidade do minério			X
MANUTENÇÃO	Incêndio			X
	Erro planejamento de manutenção		X	X
	Quebra de equipamento			X
	Queda de energia		X	X
PCP	Composição de carga errada			X
	Erro planejamento de produção		X	X
	Lotação na aciaria			X
MO	Absenteísmo		X	X
	Falta de treinamento		X	

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A classificação das perdas foi construída junto a colaboradores e gerência da área do alto forno, classificando-as como causal, resultante ou causal/resultante.

Após essa primeira distinção, a tabela gerada servirá de embasamento para a construção da matriz B, em que o principal foco é atrelar cada perda causal às perdas resultantes, desse modo, obtendo-se uma matriz em que no eixo Y estão as causais e no eixo X, as resultantes (Figura 5), por fim, a quantificação de perda em cada processo.

Figura 5 – Matriz B/Mapa das perdas causais atreladas às resultantes

CAUSAL			QUALIDADE									
			MP molhada				Geração de sucata			Qualidade do minério		
			Correia	Silo	AF	Injeção	AF	Injeção	Canal	AF	Injeção	Regeneradores
MANUTENÇÃO	Erro planejamento de manutenção	Correia	X	X	X	X						
		Silo		X	X	X						
		AF			X	X	X					
		Injeção			X	X	X					
		Regeneradores			X		X					
		Canal							X			
	Queda de energia	Correia										
		Silo										
		AF					X					
		Regeneradores					X					
PCP	Erro planejamento de produção	AF	X	X	X		X			X	X	X
		Injeção										
		Regeneradores					X					

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A matriz B está separada por tipo de perda como os grandes grupos (Manutenção, PCP, Produção...) e por perdas em cada grupo. Sinalizou-se com um X vermelho todo o local em que ocorre a perda primária, já o impacto no restante da cadeia foi sinalizado em X preto. Além disso, toda perda foi estratificada por perda causal em cada área do processo dos altos fornos (Regeneradores, Silo de distribuição, Correia transportadora...) e se indicou qual perda resultante ela gera em cada área.

Analisando essa etapa, foi possível constatar que o absenteísmo na correia transportadora é a principal perda causal, por ser a que mais gera outras perdas, 30 resultantes no total. De imediato já se pode considerá-la para aplicar projetos, pois terá um maior alcance em outras perdas ao longo do processo, entretanto se faz necessário a construção da matriz C, pois ela irá traduzir as perdas em valor monetário, facilitando a tomada de decisão para os gestores.

4.5.3 Matriz C

Para viabilizar a construção da matriz C, foi necessário reunir um maior grupo de pessoas de diversas áreas, a fim de traduzir as perdas em horas da forma mais eficiente e assertiva, para isso montou-se uma equipe diversa que continha colaboradores da área dos altos fornos, PCP (Planejamento e Controle da Produção), RH (Recursos Humanos), melhoria contínua e

controladoria. A referência utilizada foram as perdas que já aconteceram nos últimos 5 anos e a quantificação do tempo gasto para retornar às atividades, já para potenciais perdas que nunca ocorreram, foi necessário analisar o prazo de entrega de peças ou matéria prima dos fornecedores, contrato com novos fornecedores com prazos urgentes, possibilidade de substituição de pessoas entre áreas e novas contratações. A matriz C pode ser visualizada na Figura 6, a seguir.

Figura 6 – Quantificação de horas paradas devido a cada perda

RESULTANTE CAUSAL			QUALIDADE									
			MP molhada				Geração de sucata			Qualidade do minério		
			Correia	Silo	AF	Injeção	AF	Injeção	Canal	AF	Injeção	Regeneradores
MANUTENÇÃO	Erro planejamento de manutenção	Correia	1	1	1	1						
		Silo		1	8	1						
		AF			8	1	6					
		Injeção			8	1	6					
		Regeneradores			8		6					
		Canal							2			
MANUTENÇÃO	Queda de energia	Correia										
		Silo										
		AF					6					
		Regeneradores					6					
PCP	Erro planejamento de produção	AF	1	1	8		6		1	1	1	
		Injeção										
		Regeneradores					6					

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Como resultado, obteve-se o total de horas potenciais que cada área fica parada devido a cada perda. Continuando a construção da matriz C, fez-se o levantamento de dados referentes a tarifas pagas, compondo os custos operacionais, os quais são classificados como energéticos, MOD (mão de obra direta), MOI (mão de obra indireta), materiais e depreciação, desse modo, obtiveram-se os valores, conforme dados atuais da empresa, que podem ser vistos no Quadro 4, na sequência:

Quadro 4 - Custos operacionais

Tarifas R\$/hr				
Energéticos (R\$/h)	MOD (R\$/h)	MOI (R\$/h)	Materiais (R\$/h)	Depreciação (R\$/h)
75,80	118,00	98,00	62,30	42,50

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Finalizando a matriz C, fez-se a hora total de perda causal pelo valor de cada tarifa, obtendo-se, assim, o valor em R\$ de cada perda, considerando-se o prazo de 1 (um) ano. Observando-se a Figura 7, é possível ver a coluna “Total de horas ano” onde consta a representatividade em horas que a perda pode gerar na respectiva área ao longo de 1 ano; já nas colunas abaixo do título “Tarifas R\$/hr”, tem-se em amarelo o valor unitário de cada grupo de tarifa; enquanto que nas células abaixo o valor unitário da tarifa multiplicado pelo total de horas de perda ao ano; por fim, na coluna “Total R\$/ano”, tem-se o somatório do montante das tarifas por cada perda em cada área (Figura 7).

Figura 7 – Matriz C/Valor monetário de cada perda causal

RESULTANTE CAUSAL			Total de horas ano	Tarifas R\$/hr					Total R\$/ano
				Energéticos (R\$/h)	MOD (R\$/h)	MOI (R\$/h)	Materiais (R\$/h)	Depreciação (R\$/h)	
PI	Poucos fornecedores de MP	AF (Redução)	516	75,80	118,00	98,00	62,30	42,50	204.646
MANUTENÇÃO	Erro planejamento de manutenção	Correia	642	39.113	60.888	50.568	32.147	21.930	254.617
		Silo	714	48.664	75.756	62.916	39.997	27.285	283.172
		AF (Redução)	948	54.121	84.252	69.972	44.482	30.345	375.977
		Injeção	480	71.858	111.864	92.904	59.060	40.290	190.368
		Regeneradores	372	36.384	56.640	47.040	29.904	20.400	147.535
		Canal	192	28.198	43.896	36.456	23.176	15.810	76.147
	Queda de energia	Correia	234	14.554	22.656	18.816	11.962	8.160	92.804
		Silo	246	17.737	27.612	22.932	14.578	9.945	97.564
		AF (Redução)	468	18.647	29.028	24.108	15.326	10.455	185.609
		Regeneradores	264	35.474	55.224	45.864	29.156	19.890	104.702
PCP	Erro planejamento de produção	AF (Redução)	402	20.011	31.152	25.872	16.447	11.220	159.433
		Injeção	180	30.472	47.436	39.396	25.045	17.085	71.388
		Regeneradores	144	13.644	21.240	17.640	11.214	7.650	57.110
MO	Absentéismo	Correia	834	10.915	16.992	14.112	8.971	6.120	330.764
		Silo	804	63.217	98.412	81.732	51.958	35.445	318.866
		AF (Redução)	942	60.943	94.872	78.792	50.089	34.170	373.597
		Injeção	144	71.404	111.156	92.316	58.687	40.035	57.110
		Regeneradores	396	10.915	16.992	14.112	8.971	6.120	157.054
		Canal	72	30.017	46.728	38.808	24.671	16.830	28.555
	Falta de treinamento	Correia	888	5.458	8.496	7.056	4.486	3.060	352.181
		Silo	846	67.310	104.784	87.024	55.322	37.740	335.524
		AF (Redução)	960	64.127	99.828	82.908	52.706	35.955	380.736
		Injeção	354	72.768	113.280	94.080	59.808	40.800	140.396
		Regeneradores	336	26.833	41.772	34.692	22.054	15.045	133.258
		Canal	120	25.469	39.648	32.928	20.933	14.280	47.592
				9.096	14.160	11.760	7.476	5.100	

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Como resultado, ao se analisar a matriz C, os principais gargalos aparecem na área dos altos fornos dentro da siderúrgica, uma vez que se traduziram as perdas em valores monetários. Isso facilita a tomada de decisão para a liderança. Os maiores comprometimentos são apresentados em uma tabela por ordem crescente: na primeira coluna ‘PERDA’, apresenta-se a perda causal; na segunda coluna ‘ÁREA’, destaca-se o local onde ocorre essa perda; enquanto na terceira coluna

‘TOTAL R\$/ANO’, verifica-se o valor potencial em R\$ que essa perda pode gerar. Os dados permitem, por fim, compor o *ranking* das principais perdas e seu respectivo valor monetário (Quadro 5).

Quadro 5 – *Ranking* das principais perdas de acordo com valor monetário

PERDA	ÁREA	TOTAL R\$/ANO
Falta de treinamento	AF (Redução)	380.736
Erro planejamento de manutenção	AF (Redução)	375.977
Absenteísmo	AF (Redução)	373.597
Falta de treinamento	Correia	352.181
Falta de treinamento	Silo	335.524
Absenteísmo	Correia	330.764
Absenteísmo	Silo	318.866
Erro planejamento de manutenção	Silo	283.172
Erro planejamento de manutenção	Correia	254.617
Poucos fornecedores de MP	AF (Redução)	204.646
Erro planejamento de manutenção	Injeção	190.368
Queda de energia	AF (Redução)	185.609
Erro planejamento de produção	AF (Redução)	159.433
Absenteísmo	Regeneradores	157.054
Erro planejamento de manutenção	Regeneradores	147.535
Falta de treinamento	Injeção	140.396
Falta de treinamento	Regeneradores	133.258
Queda de energia	Regeneradores	104.702
Queda de energia	Silo	97.564
Queda de energia	Correia	92.804
Erro planejamento de manutenção	Canal	76.147
Erro planejamento de produção	Injeção	71.388
Erro planejamento de produção	Regeneradores	57.110
Absenteísmo	Injeção	57.110
Falta de treinamento	Canal	47.592
Absenteísmo	Canal	28.555

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Ao analisar o Quadro 5, a liderança decidiu por aplicar projetos de melhorias onde a perda pode chegar a valores superiores a R\$350.000,00 anuais, o que determinou uma seleção prévia constituída por perda por falta de treinamento no AF (Redução) e Correia, Erro de planejamento de manutenção no AF (Redução) e Absenteísmo no AF (Redução).

Finalizando, a construção das três matrizes permitiu alcançar o objetivo dessa parte do trabalho, qual seja, selecionar os locais e indicar quais perdas a serem atacadas. Em relação ao próximo passo, isto é, a construção das matrizes D, E e F, será realizado junto à equipe de melhoria

contínua da empresa, constituída por profissionais responsáveis pela melhoria dos processos produtivos e de gestão da empresa.

Ponto importante notado pela empresa foi o método de análise para implementação de projetos, pois não utilizavam o desdobramento de custos, como foi feito pelo método WCM; ao contrário, as bases de análises limitavam-se, muitas vezes, apenas à identificação de falhas mecânicas, elétricas diretamente no local onde ocorreu a perda. Com esse primeiro trabalho mediado pelo WCM, foi possível ver o impacto ao longo de toda a cadeia e, desse modo, intitular a devida criticidade de cada perda, além de quantificar o valor da mesma, algo que a metodologia anterior não permitia.

Para que o trabalho fosse feito com qualidade e integridade, foi necessária uma quebra de paradigma dos envolvidos. Por ser uma ferramenta nova dentro da empresa e de pouco conhecimento dos envolvidos, houve uma leve resistência de início, o que representou um dos pontos mais difíceis. Mas, ao longo do processo, os profissionais foram compreendendo a relevância dos resultados que o WCM pode trazer, paulatinamente, houve um bom engajamento da equipe, o que propiciou a busca e a análise das informações necessárias, gerando bons resultados para o negócio.

O emprego do pilar desdobramento de custos e o emprego da metodologia de construção de matrizes foram capazes de elucidar para a empresa pesquisada os pontos críticos em relação às perdas, a classificação delas quanto à criticidade e, ainda, desvelar os custos envolvidos. Dados os desafios atuais, as empresas têm à disposição metodologias eficazes para a mitigação de perdas e o alcance da eficiência em produtividade.

5 CONCLUSÃO

Este estudo dedicou-se ao desenvolvimento de um *framework* (modelo) de inserção dos custos envolvidos e de seus desdobramentos no processo produtivo de uma siderúrgica. Inicialmente, com o levantamento do agrupamento dos custos envolvidos, tornou-se possível identificar, separar e agrupar a classificação dos custos, permitindo uma clara distinção sobre quais eram considerados energéticos, recursos envolvidos com mão de obra direta, com mão de obra indireta, os materiais utilizados no processo produtivo, nos quais se englobam as matérias-primas e demais insumos não energéticos de produção, além da depreciação envolvida durante o desenvolvimento da cadeia produtiva.

Após a classificação, o trabalho abordou para esses mesmos grupos uma quantificação de custos relativos ao valor total dispendido em reais (R\$) para cada tonelada de aço produzida na usina, abordando não somente os gastos, mas também apontando os impactos e o grau de representação desses custos para a cadeia produtiva como um todo.

Em um processo de usina integrada, como a estudada, consideraram-se os processos de redução, refino e acabamento do aço, assim, todas as perdas levantadas foram estratificadas, observando-se a área de ocorrência da perda para posterior análise do impacto no sequenciamento do processo. No contexto da necessidade de continuidade dos trabalhos e da interdependência produtiva da cadeia, em geral, os atrasos e falhas em algum momento afetam os processos subsequentes.

Por meio do levantamento de problemas, o absenteísmo na correia transportadora, na qual se realizam importantes movimentações de materiais, mostrou-se a principal causa que, aliás, provoca outras perdas, este problema acaba representando a incapacidade de atender a produção, além de envolver um atraso maior no sequenciamento da produção. Para a consequente análise dos seus impactos, foi preciso verificar os valores monetários envolvidos, para melhor visualizar o impacto gerado, desse modo, adotou-se uma quantificação envolvendo os registros dos últimos cinco anos de produção.

Foi importante notar que as paradas e as inconsistências no processo, além dos impactos gerados nos custos, também são relevantes, assim, as ponderações a respeito dos tempos

necessários para proceder o condicionamento e o atendimento da continuidade de produção, agrava ainda mais os custos envolvidos, desse modo, torna pertinente a consideração dos impactos de certos procedimentos, como o absenteísmo na correia transportadora.

Como simplificação e clareza dos cálculos, o referencial tarifário envolvido nos custos ponderou um valor monetário para as perdas em um prazo de horas decorridas em um ano, procedendo um somatório para cada área, para tanto, as matrizes geradas apontaram uma maior representatividade dos custos siderúrgicos presentes na área dos altos fornos.

Ao levantar os valores monetários, os dados apontaram para um despendimento de recursos que vão da ordem de R\$28.555,00 até R\$380.736,00 por ano, régua acima de 350k, este último valor que passou a ser o ponto de atacabilidade, segundo decisão dos gestores. Com um levantamento das causas desses problemas, foram constatadas falhas por carência de treinamentos, problemas na operação da correia transportadora, inconsistência de planejamento da manutenção e um absenteísmo do próprio alto forno.

Os resultados gerados nas matrizes permitiram a elaboração do modelo de constatação de perdas, graças ao atendimento dos objetivos específicos de levantamento dos custos e dos seus fluxos, com base no mapeamento do processo e nas correlações com os custos envolvidos na produção.

Para uma melhoria contínua, o estudo apresentou aos gestores a abordagem do WCM como metodologia de exposição das condições de impactos da cadeia produtiva como um todo, contrapondo-se às considerações anteriormente adotadas, isto é, o levantamento de falhas limitava-se apenas ao considerar setores isolados. Os pontos críticos levantados geraram a explicitação dos valores monetários envolvidos, permitindo, com isso, a tomada de decisões mais assertiva, a partir do emprego de uma nova ferramenta que dá relevância ao impacto de tais problemas críticos.

A continuidade e a aplicabilidade contínua do WCM para a usina analisada requerem interesse em aplicá-la pelos gestores, bem como engajamento dos profissionais envolvidos, para que as avaliações se deem de modo contínuo, sempre avaliando o desenvolvimento da produção e como a mesma pode ser impactada frente as dificuldades existentes.

Sabe-se que ao direcionar medidas específicas para problemas críticos, os resultados globais podem ser melhorados, para tanto, ao promover melhorias em uma determinada área, o sequenciamento permite que sejam implementadas novas prioridades e, assim, o aperfeiçoamento produtivo pode ser alcançado com a adoção de uma abordagem preventiva para promover

melhorias antes da propagação dos problemas e dos danos.

A abordagem do pilar de desdobramento de custos, em compasso com a construção das matrizes, foi suficiente para demonstrar a representatividade dos custos na cadeia produtiva, comprovando ser uma ferramenta válida para a melhoria das condições de produção, requerendo, no entanto, análise contínua e explicitação dos custos agrupados frente as condições envolvidas nos custos, principalmente diante das incertezas e das variáveis de mercado, tais como, as variações dos preços de insumos e dos custos envolvidos, considerando-se tanto os fixos, quanto os variáveis.

REFERÊNCIAS

BIASOTTO, E. **Aplicação do BSC na gestão da TPM**: estudo de caso em indústria de processo. 2006. 170 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis (SC): 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/88910>. Acesso em: 12 de junho de 2022.

BRAGLIA, M.; FROSOLINI, M.; GALLO, M.; MARRAZZINI, L. Lean manufacturing tool in engineer-to-order environment: Project cost deployment. **International Journal of Production Research**, Vol. 57, No. 6, 1825–1839, 2019.

CORTEZ, P. R. L.; BACHOUR, M. C.; PEREIRA, M. C.; DIAS, A. V. C.; BAGNO, R. B. Análise das relações entre o processo de inovação na engenharia de produto e as ferramentas do WCM: estudo de caso em uma empresa do setor automobilístico. In: **XXX ENGEPE - Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. São Paulo (SP): 12 a 15 de out. de 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/340081885_ANALISE_DAS_RELACOES_ENTRE_O_PROCESSO_DE_INOVACAO_NA_ENGENHARIA_DE_PRODUTO_E_AS_FERRAMENTAS_DO_WCM_ESTUDO_DE_CASO_EM_UMA_EMPRESA_DO_SETOR_AUTOMOBILISTICO. Acesso em: 30 de maio de 2022.

DANTAS, A. **Introdução ao WCM**. Apostila do curso de Especialização em Engenharia de Produção UTFPR, Curitiba (PR): 2016.

DE FELICE, F., PETRILLO A., MONFREDA S. **Improving operations performance with World Class Manufacturing technique**: a case in Automotive Industry. University of Cassino, Department of Civil and Mechanical Engineering and Fiat Group Automobiles EMEA WCM. Cassino, Italy. 2013.

DENNIS, P. **Produção lean simplificada**. Tradução: Rosalina Angelita Neumann Garcia. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008. 190 p. Título original: Lean Production Simplified. ISBN 978-1-56327-356-8.

FELD, W. M. **Lean manufacturing**: tools, techniques, and how to use them. Estados Unidos da América: CRC Press, 2000. 248 p.

FERREIRA, C. **Desdobramento e gestão de custos industriais**. In 30 jun. 2020. Disponível em: <https://ferreirafilhoassociados.com/palestra-on-line-desdobramento-e-gestao-de-custos-industriais/>. Acesso em: 23 de maio de 2022.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (coord. UAB/UFRGS). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2009. 120 p. *E-book*. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/52806>. Acesso em: 5 dezembro de 2022.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 200 p.

INSTITUTO AÇO BRASIL. **Relatório de sustentabilidade 2020**. 14. ed. Rio de Janeiro - RJ: 2021. Disponível em: <https://acobrasil.org.br/relatoriodesustentabilidade/index.html>. Acesso em: 21 de abril de 2022.

KEEGAN, R. **East and west: the hunt for competitiveness**. Disponível em: <https://manual-guide.com/doc/11391/index.html>. Acesso em: 23 de maio de 2022.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

MACDONALD, T.; AKEN, E.; RENTES, A. F. Utilization of simulation model to support value stream analysis and definition of feature state scenarios in a high-technology motion control plant. Research Paper. **Department of industrial & Systems Engineering**, Virginia Polytechnic Institute and State University & São Carlos Engineering School, University of São Paulo. 2000.

MARTINS, G. A.; THEÓPHILO, C. R. **Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

MASSONE, L. **Fiat Group Automobiles production system: manual do WCM, World Class Manufacturing: towards excellence class safety, quality, productivity and delivery**. Ed. Fiat Brazil. 2007.

MAXIMIANO, A. C. A. **Teoria geral da administração: da revolução urbana à revolução digital**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 491 p.

MINAYO, M. C. de S. (org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 18 ed. Petrópolis: Vozes, 2001.

MONTANA, P. J.; CHARNOV, B. H. **Administração**. 3.ed. São Paulo: Saraiva, 2010. 525 p. (Série Essencial).

NAKAGAWA, M. **Gestão estratégica de custos: conceitos, sistemas e implementação**. São Paulo: Atlas, 1993.

NITTI, M. **Introdução ao curso sobre Cost Deployment – YouTube**. In 13 out. 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=H5LYr3rT4qI>. Acesso em: 20 de abril de 2022.

OLIVEIRA, D. P. R. **Planejamento estratégico, conceitos, metodologia, práticas**. 22. ed. São Paulo: ATLAS, 2007. 335p.

OLIVEIRA, L. C. P. **Reaproveitamento do pó de aciaria LD gerado no sistema de despoeiramento primário à seco**. 2016. 134 p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais e de Processos Químicos e Metalúrgicos – Departamento

de Engenharia Química e de Materiais – PUC-Rio. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: https://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/1412653_2016_completo.pdf. Acesso em: 12 de outubro de 2022.

QUEIROZ, M. D. **Estudo de caso da implantação do pilar de controle de qualidade da metodologia WCM**. 2016. 62 p. TCC (Bacharelado Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba (PR): 2016. Disponível em: https://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/10443/1/CT_DAMEC_2016_1_52.pdf. Acesso em: 7 de abril de 2022.

RONDA FILHO, W. M. M. Gerenciamento dos resíduos sólidos gerados na aciaria LD. 2016. 53 p. Projeto de Graduação. Curso de Engenharia Metalúrgica da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <http://www.repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10018162.pdf>. Acesso em: 22 de fev. de 2023.

SHARMA M.; KODALI, R. Development of a framework for manufacturing excellence. **Measuring Business Excellence**. 2008. Vol. 12, N° 4, p. 55-60.

SILVA, T. G. E.; SOUZA SILVA, M. C.; GARCIA, N. S. C.; ALMEIDA, L. F. M. Produção enxuta: conceitos, características e aplicação de ferramentas em uma empresa de panificação. In: **XXXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Maceió, Alagoas, Brasil, 16 a 19 de out. 2018. 14 p. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_258_478_35392.pdf. Acesso em: 22 de fev. de 2023.

TUBINO, D. F. **Manufatura enxuta como estratégia de produção**: a chave para a produtividade industrial. São Paulo: Atlas, 2015.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas**: elimine o desperdício e crie riqueza. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

YAMASHINA, H. Challenge to world class manufacturing. **International Journal of Quality & Reliability Management**, 2000. Vol. 17. N° 2, p. 132–143.

_____. **World class manufacturing**: métodos e instrumentos. Material interno de aplicação WCM da empresa em estudo, 2009.

YAMASHINA, H.; KUBO, T. Manufacturing cost deployment. **International Journal Of Production Research**, [s.l.], v. 40, n. 16, p.4077-4091, jan. 2002. Informa UK Limited.

YIN, Robert K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 3. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2005. 212 p. ISBN: 8536304626.

ANEXO A - Matriz B/Mapa das perdas causais atreladas às resultantes – Parte 1

CAUSAL		RESULTANTE	PRODUÇÃO				QUALIDADE								
			Falta de carvão			MP molhada				Geração de sucata			Qualidade do minério		
			AF (Redução)	Injeção	Regeneradores	Correia	Silo	AF (Redução)	Injeção	AF (Redução)	Injeção	Canal	AF (Redução)	Injeção	Regeneradores
PI	Poucos fornecedores de MP	AF (Redução)	X			X	X	X	X				X	X	X
MANUTENÇÃO	Erro planejamento de manutenção	Correia	X	X	X	X	X	X	X						
		Silo	X	X	X		X	X							
		AF (Redução)	X	X	X			X	X	X					
		Injeção						X	X	X					
		Regeneradores								X					
	Canal									X					
	Queda de energia	Correia	X												
		Silo	X												
		AF (Redução)	X							X					
		Regeneradores								X					
PCP	Erro planejamento de produção	AF (Redução)	X			X	X	X		X			X	X	X
		Injeção	X												
		Regeneradores									X				
MO	Absentéismo	Correia	X			X	X	X							
		Silo	X			X	X	X							
		AF (Redução)	X			X	X	X		X			X		
		Injeção													
		Regeneradores									X			X	
	Canal										X				
	Falta de treinamento	Correia	X			X	X	X	X	X					
		Silo	X				X	X	X	X					
		AF (Redução)	X					X	X	X					
		Injeção	X					X	X	X					
Regeneradores										X					
Canal										X					

ANEXO B - Matriz B/Mapa das perdas causais atreladas às resultantes – Parte 2

MANUTENÇÃO																		
Incêndio			Erro planejamento de manutenção						Quebra de equipamento						Queda de energia			
Correia	Silo	Injeção	Correia	Silo	AF (Redução)	Injeção	Regeneradores	Canal	Correia	Silo	AF (Redução)	Injeção	Regeneradores	Canal	Correia	Silo	AF (Redução)	Regeneradores
X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		X				X	X	X			X	X	X	X				
							X	X			X		X	X				
									X	X	X	X	X		X			
X	X								X	X	X	X	X			X		
											X	X	X				X	
X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X			X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X				X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X
							X	X				X	X	X	X	X	X	X
								X					X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X			X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X
		X				X	X	X				X	X	X	X	X	X	X
							X	X					X	X	X	X	X	X
								X						X	X	X	X	X

ANEXO D – Matriz C/Quantificação de horas paradas devido a cada perda - Parte 1

CAUSAL		RESULTANTE	PRODUÇÃO				QUALIDADE									
			Falta de carvão			MP molhada		Geração de sucata			Qualidade do minério					
			AF Redução	Injeção	Regeneradores	Correia	Silo	AF Redução	Injeção	AF Redução	Injeção	Canal	AF Redução	Injeção	Regeneradores	
MANUTENÇÃO	PRI	Poucos fornecedores de MP	AF (Redução)	24			1	1	8	6				1	1	1
			Correia	2	1,5	1,5	1	1	1	1						
			Silo	1,5	1	1		1	8	1						
	PCP	Erro planejamento de manutenção	AF (Redução)	0,5	0,5	0,5			8	1	6					
			Injeção						8	1	6					
			Regeneradores								6					
			Canal									2				
			Correia	6												
			Silo	6												
	MO	Queda de energia	AF (Redução)	6							6					
			Regeneradores								6					
			PCP	Erro planejamento de produção	AF (Redução)	0,5			1	1	8		6		1	1
Injeção			2													
Regeneradores											6					
MO			Absentéismo	Correia	3			1	1	8						
	Silo	3				1	1	8								
	AF (Redução)	3				1	1	8			6		1			
	Injeção															
	Regeneradores										6		1			
	Canal											2				
	MO	Falta de treinamento	Correia	2,5			1	1	8	1	6					
			Silo	2,5				1	8	1	6					
			AF (Redução)	2,5					8	1	6					
			Injeção	2,5					8	1	6					
			Regeneradores								6					
			Canal										2			

ANEXO E – Matriz C/Quantificação de horas paradas devido a cada perda - Parte 2

MANUTENÇÃO																		
Incêndio			Erro planejamento de manutenção						Quebra de equipamento						Queda de energia			
Correla	Silo	Injeção	Correla	Silo	AF Redução	Injeção	Regeneradores	Canal	Correla	Silo	AF Redução	Injeção	Regeneradores	Canal	Correla	Silo	AF Redução	Regeneradores
6	6		1	1	1	1	1	1	4	3,5	3	1	1	1	4	3,5	3	2,5
6	6			1	1	1	1	1	4	4	3,5	1	1	1	4	4	3,5	3
		4			1	1	1	1	12	12	12	1	1	1	4	4	4	3,5
		4				1	1	1			12	3	2	1				
							1	1			12		3					
								1			12			1				
									4	3,5	3	1	1		1			
									4	4	3,5	1	1			1		
6	6										12	1	1				1	
											12		3					1
6	6		1	1	1	1	1	1	4	3,5	3	1	1	1	4	3,5	3	2,5
6	6			1	1	1	1	1		4	3,5	1	1	1	4	4	3,5	3
6	6				1	1	1	1			12	1	1	1	4	4	4	3,5
						1	1	1				3	1	1				
							1	1					3	1	4	4	4	4
								1						1				
6	6	4	1	1	1	1	1	1	4	3,5	3	1	1	1	4	3,5	3	2,5
6	6	4		1	1	1	1	1		4	3,5	1	1	1	4	4	3,5	3
6	6	4			1	1	1	1			12	1	1	1	4	4	4	3,5
		4				1	1	1				3	1	1				
							1	1					3	1	4	4	4	4
								1						1				

