

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO**  
**CURSO DE ADMINISTRAÇÃO**

**MAILOR DA VEIGA CANTO**

**ESTUDO DE GARGALOS EM PROCESSO PRODUTIVO: O CASO DE UMA  
EMPRESA PRESTADORA DE SERVIÇOS DE GALVANIZAÇÃO**

**São Leopoldo**  
**2022**

MAILOR DA VEIGA CANTO

**ESTUDO DE GARGALOS EM PROCESSO PRODUTIVO: O CASO DE UMA  
EMPRESA PRESTADORA DE SERVIÇOS DE GALVANIZAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Administração, pelo Curso de Administração da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

Orientador(a): Prof.<sup>a</sup> Lia Weber Mendes

São Leopoldo

2022

Dedico este trabalho aos meus pais, meus maiores incentivadores ao longo deste e de todos os outros desafios que já enfrentei.

## RESUMO

O presente trabalho é um estudo de caso, de caráter descritivo e exploratório, que buscou compreender um processo produtivo, de beneficiamento de peças, realizado por uma empresa de pequeno porte, prestadora de serviços de galvanização. Orientado por referencial teórico acerca de conceitos como gargalos de produção, foco principal da Teoria das Restrições, e através da revisão de aspectos do sistema Just In Time, popularizado pelo Sistema Toyota de Produção, foi aplicada metodologia de coleta de dados através de entrevistas, questionários, observação *in loco* e análise de documentos. Desta forma, chegou-se à conclusão de que o gargalo do processo se trata da etapa de banho de peças em rotativos, por esta ser a etapa que restringe a capacidade produtiva do processo. Posteriormente, foram elencadas maneiras de sanar este gargalo, com propostas de mudança em expediente, investimentos de baixo custo em controles da etapa e, por último, investimentos de custo mais elevado, com potencial para transformação do gargalo. Finalmente, concluiu-se que, em longo prazo, a escolha mais acertada para a empresa estudada é a de investimento na automatização do processo, de maneira a viabilizar ganhos por padronização de tempos e maior qualidade nas etapas, que produzirão aumento de produtividade e minimização de retrabalho. Observou-se, porém, que em curto prazo, a empresa deverá repensar práticas atuais do processo de beneficiamento, hoje negligenciado através de práticas equivocadas dos funcionários responsáveis pela realização do processo e, também, por funcionários de chefia, responsáveis pelo controle do processo.

**Palavras-chave:** gargalos; processo produtivo; Teoria das Restrições; Sistema Toyota de Produção.

## LISTA DE SIGLAS

CQZD	Controle de Qualidade Zero Defeito
GPT	Gestão de Postos de Trabalho
IROG	Índice de Rendimento Operacional Global
JIC	Just In Case
JIT	Just In Time
MFV	Mapa de Fluxo de Valor
OEE	Overall Equipment Efficiency
OPT	Optimized Production Technology
PCP	Programação e Controle de Produção
STP	Sistema Toyota de Produção
TEEP	Total Effective Equipment Productivity
TOC	Theory Of Constraints

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>7</b>
<b>1.1 Situação problemática e delimitação do tema</b> .....	<b>8</b>
<b>1.2 Objetivos</b> .....	<b>11</b>
1.2.1 Objetivo geral .....	11
1.2.2 Objetivos específicos.....	11
<b>1.3 Justificativa</b> .....	<b>11</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>13</b>
<b>2.1 Teoria das Restrições</b> .....	<b>13</b>
<b>2.2 Tecnologia de Produção Otimizada (OPT)</b> .....	<b>14</b>
<b>2.3 Gestão de Postos de Trabalho (GPT)</b> .....	<b>17</b>
2.3.1 Índice de Rendimento Operacional Global (IROG) .....	19
<b>2.4 Planejamento da capacidade</b> .....	<b>21</b>
<b>2.5 Just In Case e Just In Time</b> .....	<b>22</b>
2.5.1 Just In Case .....	22
2.5.2 Just In Time.....	23
<b>2.6 As sete perdas</b> .....	<b>25</b>
<b>2.7 Controle da Qualidade Zero Defeitos (CQZD)</b> .....	<b>28</b>
2.7.1 Poka-Yoke.....	31
<b>2.8 Kanban</b> .....	<b>32</b>
<b>2.9 Kaizen</b> .....	<b>34</b>
<b>2.10 Mapa de Fluxo de Valor (MFV)</b> .....	<b>35</b>
<b>3 MÉTODOS E PROCEDIMENTOS</b> .....	<b>37</b>
<b>3.1 Delineamento de Pesquisa</b> .....	<b>37</b>
<b>3.2 Unidade de análise</b> .....	<b>38</b>
<b>3.3 Técnicas de coleta de dados</b> .....	<b>38</b>
3.3.1 Entrevista .....	39
3.3.2 Questionário .....	41
3.3.3 Observação .....	42
3.3.4 Documentos .....	43
<b>3.4 Técnicas de análise de dados</b> .....	<b>45</b>
3.4.1 Análise de conteúdo .....	45
3.4.2 Categorias de análise.....	47

3.4.3 Análise documental .....	48
<b>3.5 Limitações do método .....</b>	<b>49</b>
3.5.1 Estudo de caso.....	49
3.5.2 Entrevista .....	50
3.5.3 Observação .....	50
3.5.4 Documentos .....	51
<b>4 ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>52</b>
<b>4.1 A Empresa.....</b>	<b>52</b>
<b>4.2 O Processo .....</b>	<b>53</b>
4.2.1 Descrição das etapas.....	54
4.2.2 Desempenho do processo e capacidade .....	57
<b>5 ANÁLISE E PROPOSTAS DE MELHORIA.....</b>	<b>61</b>
<b>5.1 Análise do processo .....</b>	<b>61</b>
5.1.1 Colocação de peças em cestos.....	61
5.1.2 Desengraxe .....	63
5.1.3 Decapagem .....	64
5.1.4 Banho em zinco ácido .....	65
5.1.5 Inspeção.....	68
<b>5.2 Análise de documentos .....</b>	<b>69</b>
5.2.1 Retrabalho.....	71
5.2.2 Início de expediente .....	71
<b>5.3 Cálculos de IROG .....</b>	<b>72</b>
<b>5.4 Identificação do gargalo e propostas .....</b>	<b>73</b>
5.4.1 Explorar o gargalo .....	73
5.4.2 Subordinar ao gargalo .....	77
5.4.3 Elevar o gargalo .....	79
<b>5.5 Mapeamento do fluxo de valor (MFV).....</b>	<b>83</b>
5.5.1 Mapeamento do fluxo de valor atual .....	83
5.5.2 Mapeamento do fluxo de valor futuro .....	84
5.5.3 Comparação entre MFVs .....	86
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>87</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>90</b>
<b>APÊNDICE A – ENTREVISTA .....</b>	<b>103</b>
<b>APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO .....</b>	<b>104</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Empresas lidam, diariamente, com pressões internas e externas pela melhoria de seus processos, uma vez que, inseridas em um mercado competitivo, de concorrentes numerosos e clientes cada vez mais exigentes, há pouco espaço para erros que ocasionem gastos desnecessários, atrasos, desperdícios. Por esta razão, é importante que empresas detenham a capacidade de compreender seus processos produtivos, de maneira que possam otimizá-los, para que atendam as novas demandas do mercado.

Assim, ao buscar a otimização de um processo, um dos principais aspectos a ser analisado é a performance do recurso mais lento presente neste processo, o gargalo, por este ser o maior influenciador e, também, limitador de sua produtividade. A Teoria das Restrições, ou *Theory Of Constraints* (TOC), introduzida no livro *A Meta* (GOLDRATT e COX, 2002) pode servir como norteadora para uma empresa que busque esta análise.

O objetivo central desta teoria é o da identificação da etapa produtiva que, nas palavras de Slack *et al* (2018, p. 585), “determina criticamente o ritmo da produção”. Através da identificação da etapa gargalo, a empresa viabiliza a identificação do esforço que será necessário para que esta deixe de ser a principal restrição, de maneira que surja outra, que também deverá, num esforço de melhoria contínua, ser aperfeiçoada.

Para compreender o impacto de um gargalo em um sistema produtivo, Maroueli (2008) exemplifica uma situação em que determinada máquina é capaz de produzir 1000 unidades por hora de um determinado produto, porém, o processo a seguir, de embalagem, dispõe de uma máquina capaz de embalar 800 unidades/hora.

Nesta situação, o gargalo no sistema produtivo se trata do processo de embalagem, uma vez que este processo limita a capacidade máxima produtiva a 800, forçando assim diminuição no desempenho da etapa anterior, que deverá ficar aquém de sua capacidade total, sob pena de gerar um acúmulo de estoque que poderá significar novos custos.

Um levantamento realizado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI), entre abril e junho de 2021, indica que a produtividade das empresas brasileiras caiu pelo terceiro trimestre consecutivo, apontando como principais causas a incerteza

elevada, escassez e aumento do custo de insumos, somado ainda à queda na demanda. De acordo com o levantamento, o índice que mede a relação entre produção e horas trabalhadas apresentou queda de 1,6% no período entre os meses apurados, em comparação com o primeiro trimestre de 2021.

O programa Brasil Mais, desenvolvido pelo governo federal em parceria com a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), o Serviço Brasileiro de apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae) e o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai), tem atuado junto a empreendimentos industriais nacionais visando estimular ganhos produtivos e de competitividade nestas empresas.

Através da promoção de melhorias nos processos produtivos destes empreendimentos, este programa tem, de acordo com a coordenadora do Brasil Mais Luciana Caldas Barreto, em entrevista ao portal g1 (2021), trazido resultados muito positivos para as empresas. “As empresas estão sendo atendidas por Agentes Locais de Inovação, que as ajudam a identificar problemas e gargalos limitantes para a competitividade, levando a elas soluções de baixo custo e que produzem resultados e melhorias rápidos”. (g1, 2021).

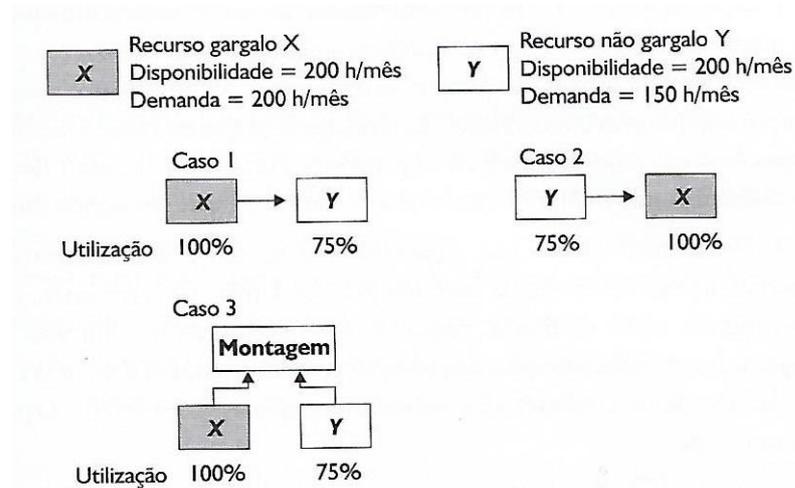
De acordo com dados publicados pelo Governo Federal em agosto de 2021, em relação a 5 mil empresas participantes do programa Brasil Mais, “esses pequenos negócios tiveram um aumento de 52% de produtividade e um incremento de 18% no faturamento.” (gov.br, 2021). Solucionar gargalos, portanto, é fundamental para uma empresa que busque adequar-se às novas demandas do mercado e manter-se competitiva, já que, como explica Maroueli (2008), a existência destes gargalos poderá gerar grandes custos e, sua eliminação, grande economia e eficácia produtiva.

### **1.1 Situação problemática e delimitação do tema**

Como mencionado anteriormente na introdução deste trabalho, a TOC, desenvolvida por Goldratt, está focada na identificação de gargalos em um processo produtivo. Esta abordagem, que define que o objetivo básico de empresas é o de ‘ganhar dinheiro’, considera fundamental a compreensão de como dois recursos normalmente presentes em todas as fábricas, os recursos gargalo e não gargalo, se inter-relacionam.

Corrêa e Corrêa (2017), demonstram quatro relações possíveis entre os dois tipos de recursos, demonstradas na figura 1:

**Figura 1** – Relacionamento entre recursos gargalos e recursos não gargalos.



Fonte: CORRÊA; CORRÊA (2017, p. 361)

Conforme demonstrado na figura 1, existem 4 casos possíveis de relacionamento entre recursos gargalos e não gargalos:

Caso 1: Toda produção flui do recurso gargalo para o não gargalo. Desta forma, o recurso X pode trabalhar 100% do tempo, porém, o recurso Y poderá em apenas 75% do tempo, uma vez que é dependente de um recurso mais lento, que neste caso imaginado não supre sua capacidade total.

Caso 2: Produção flui do recurso não gargalo para o gargalo. Desta forma, o recurso X pode trabalhar 100% do tempo, assim como o recurso Y, caso receba matéria-prima suficiente. Porém, se este último for ativado em sua capacidade total, gerará estoque desnecessário.

Caso 3: Ambos recursos alimentam um terceiro recurso, descrito na imagem como 'Montagem'. Neste, novamente o recurso X trabalhará em 100% de sua capacidade, de maneira que seja capaz de suprir a demanda. Já o recurso Y estará, novamente, restrito aos 75% necessários para que não haja acúmulo de estoque, por conta da limitação do recurso gargalo.

Caso 4: Os recursos não alimentam um ao outro, nem outros recursos em comum. Neste caso, porém, respondendo à demanda do mercado, o recurso X trabalhará em sua totalidade. O Y, por sua vez, tem como restrição nesta situação a demanda do mercado, que corresponde novamente a 150 h/mês (75%).

Assim, ao compreender a relevância de recursos gargalos em sistemas produtivos, a situação problemática escolhida para a elaboração deste trabalho foi identificada durante estágio, realizado pelo autor entre março e outubro de 2021, em uma empresa do setor de beneficiamento de metais. Nesta empresa, em contato com os diferentes processos produtivos realizados, foi identificado pelo autor um processo específico que, em sua percepção, é o mais problemático.

Este processo, que realiza o beneficiamento de peças em zinco ácido, se divide em etapas de posicionamento de peças, limpeza, banho e acabamento. Estas etapas sofrem, em maior e menor grau, de problemas que comprometem seu desempenho, razão pela qual costumeiramente são necessárias a realização de horas extras, deslocamento de pessoal e, também, retrabalho. Conseqüentemente, atrasos em entregas e devolução de peças por não conformidade acontecem ocasionalmente, gerando prejuízo financeiro e à imagem da empresa perante seus clientes.

Este trabalho se propôs a estudar o processo e compreendê-lo, através da observação *in loco* e tendo, como base, a Teoria das Restrições (TOC) de Goldratt, aprofundando o conceito de restrições (recursos gargalos) e não restrições, desenvolvido por este autor. Cox e Schleier (2013), explicam que o “processo de pensamento” necessário para lidar com estas restrições envolve a capacidade de responder as seguintes perguntas:

- Como identificamos uma restrição?
- Quais decisões permitirão melhorar o aproveitamento dessa restrição?
- Como desvendamos as formas mais eficazes de elevar a restrição? (Cox e Schleier, 2013, p. 38).

Com base nesta teoria, e a partir da aplicação de ferramentas pertinentes, o presente trabalho objetiva a compreensão da totalidade de um processo produtivo, no contexto de uma empresa prestadora de serviços de galvanização. Atingida esta compreensão, é proposta a seguinte questão:

Como melhorar o desempenho do gargalo presente no processo de beneficiamento em zinco ácido da empresa XYZ?

## 1.2 Objetivos

Neste item serão apresentados objetivo geral e objetivos específicos a serem alcançados na realização deste trabalho.

### 1.2.1 Objetivo geral

Propor melhorias para o principal limitador (gargalo) do processo de beneficiamento de peças em zinco ácido da empresa XYZ.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar as etapas do processo de beneficiamento em zinco ácido;
- Identificar etapa gargalo do processo de beneficiamento em zinco ácido;
- Apontar as razões para o gargalo e seus impactos para o processo;
- Apontar possíveis melhorias para a otimização ou eliminação do gargalo.

## 1.3 Justificativa

Uma empresa de pequeno porte, inserida no contexto atual, de grande competitividade por conta da alta oferta, somado ainda aos impactos da pandemia de COVID-19, que se aproxima de completar três anos, está especialmente sujeita a sofrer consequências que podem significar, até mesmo, o encerramento de suas atividades.

Seja por conta do aumento no custo de insumos, pela diminuição no número de clientes, pelo maior grau de exigência destes, ou mesmo, atipicamente, pela perda repentina de colaboradores vitimados de alguma forma pela doença, empresas têm sido obrigadas a lidar diariamente com uma série de percalços, previstos ou não.

Levantamento realizado pela Fiergs, de julho de 2021, junto a 660 empresas gaúchas, demonstra que 66,6% apontaram crescimento no número de atestados médicos obtidos por funcionários. O levantamento aponta ainda que 62,8% das empresas alegaram ter sua produção afetada, por conta destes atestados. Também de acordo com dados da Fiergs, nos três primeiros trimestres do ano de 2021 a

produção industrial gaúcha teve sua recuperação freada por conta da escassez ou alto custo de matérias-primas.

Outra pesquisa, conduzida pelo Sebrae entre os dias 25 de maio e 1º de junho de 2021, demonstra que 79% dos pequenos negócios seguem apresentando queda em suas receitas, por conta da pandemia. Desta forma, há pouco espaço para erros que gerem gastos desnecessários, desperdícios, atrasos e, em último caso, perda de clientes. Portanto, torna-se imperativo que empresas, em especial as de menor fôlego financeiro, otimizem a maneira como investem e utilizam seus recursos.

Assim, este trabalho objetivou a compreensão de um processo produtivo, considerado de vital importância para a empresa em estudo, de beneficiamento de peças em zinco ácido. Ao compreender este processo, foi aprofundado o tema específico de 'gargalo de produção'. Tema este que, após pesquisa bibliográfica, parece pouco abordado, quando trazido para o contexto específico da empresa em questão, que é o de uma empresa prestadora de serviços de beneficiamento de metais. Munida de informações obtidas através da realização deste estudo de caso, a empresa poderá buscar melhorias em seu processo e, desta forma, viabilizar ganho produtivo que, em último caso, produzirá também ganho financeiro.

A realização deste trabalho foi viável mediante autorização do dono da empresa, que julgou pertinentes os questionamentos trazidos através dos objetivos propostos, e permitiu a observação do processo produtivo da empresa. O empresário solicitou acesso aos resultados do estudo após a conclusão. O trabalho serviu, para o autor, como uma valiosa experiência de contato com o 'chão de fábrica', através da presença, por alguns dias, no setor de produção de uma empresa, onde pôde observar e compreender como se desenrolam as variadas etapas de um processo produtivo, podendo também aprender com funcionários de produção e em cargos de chefia. Para a universidade, o trabalho servirá para apresentar a realidade de uma empresa de pequeno porte, do setor secundário, inserida nos contextos atuais de alta competitividade, crise econômica e pandemia do coronavírus.

No capítulo seguinte será observado referencial teórico utilizado na realização deste estudo de caso.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo será apresentada revisão teórica acerca de conceitos norteadores para a execução deste trabalho, que estão relacionados à administração de gargalos e otimização de produção. A partir do estudo de tais conceitos e a compreensão deles, foi possível iniciar o processo de análise da linha de beneficiamento em zinco ácido.

No próximo subcapítulo será descrita a Teoria das Restrições, basilar para o desenvolvimento deste trabalho.

### 2.1 Teoria das Restrições

A Teoria das Restrições, ou *Theory of Constraints* (TOC) é uma metodologia, desenvolvida por Eliyahu Goldratt e popularizada através do livro 'A Meta', escrito em 1984, cujo enfoque é o da compreensão das restrições que limitam uma empresa no alcance de seus objetivos. Estas restrições podem, costumeiramente, se tratar de gargalos em linhas de produção que restringem a possibilidade de ganho em produtividade, se caracterizando como uma restrição física. Há, porém, outro tipo de restrição, a não-física, que pode tratar-se, por exemplo, da demanda por um determinado produto.

Bornia (2010, p. 164) define que “a ideia básica da TOC é encontrar as restrições que limitam o ganho da empresa e gerenciar eficazmente a utilização dessas restrições, garantindo a maximização do lucro frente às condições atuais da empresa”. Já Almeida, Cogan e Almeida (2012) explicam que a Teoria das Restrições oferece um processo de raciocínio que pode “segundo seus defensores, inclusive auxiliar na identificação e solução dos problemas enfrentados pelas micro e pequenas empresas”.

Ao passo em que uma empresa decide por analisar seus processos orientada por esta metodologia, Goldratt e Cox (2002) explicam que a análise deverá ocorrer através de um 'Processo de Melhoria Contínua'. Este processo é dividido em cinco partes, ou 'Cinco Etapas de Foco'. Slack *et al* (2018, p. 586) explica cada uma destas etapas:

Identifique a restrição do sistema: aqui é onde deve ser identificado o gargalo, que pode ser um recurso físico de desempenho abaixo dos demais ou, ainda, uma restrição por conta de tomadas de decisão, por políticas da empresa, dentre outras possibilidades.

Decida como explorar a restrição: nesta etapa deve-se buscar a maximização do desempenho do gargalo previamente identificado, preferencialmente através de mudanças que não gerem gastos.

Subordine tudo à restrição: as etapas não-gargalo devem ser ajustadas, de maneira que ajudem a explorar a capacidade máxima do gargalo. Realizados estes ajustes, a totalidade do processo deverá ser, novamente, analisada, de maneira a identificar se a restrição permanece. Caso tenha sido eliminada, parte-se para a 5ª etapa.

Eleve a restrição: esta etapa ocorre apenas se a anterior não servir para eliminar o gargalo. É neste momento que a empresa deverá considerar grandes mudanças no sentido de, assim, atingir o objetivo de eliminação da restrição.

Reinicie a partir da 1ª etapa: uma vez eliminada a restrição, parte-se para a identificação de uma próxima.

A seguir será descrita a Tecnologia de Produção Otimizada, abordagem similar à TOC, com enfoque também em gargalos de produção.

## 2.2 Tecnologia de Produção Otimizada (OPT)

A tecnologia de Produção Otimizada se trata de uma abordagem da produção focada nos gargalos, que considera que o objetivo básico de uma empresa é o de “ganhar dinheiro”. Para o alcance deste objetivo, a OPT prega que a manufatura de uma empresa precisa aumentar o *fluxo* de materiais, ao mesmo tempo em que diminui *estoques* e *despesas operacionais*. Corrêa e Gianesi (2012, p. 144) explicam estes elementos:

Fluxo: é a taxa segundo a qual o sistema gera dinheiro através da venda de seus produtos;

Estoque: quantificado pelo dinheiro que a empresa empregou nos bens que pretende vender;

Despesas operacionais: o dinheiro que o sistema gasta para transformar estoque em fluxo.

Ainda de acordo com Corrêa e Giansesi (2012), defensores desta abordagem afirmam que, ao atingir simultaneamente os objetivos de aumento do fluxo de produtos, diminuição de estoques e de despesas operacionais, empresas estarão também 'melhorando seu desempenho nos objetivos de aumentar o lucro líquido, o retorno sobre investimento e o fluxo de caixa'.

Para iniciar a compreensão da OPT, é fundamental entender as definições de recurso gargalo e não-gargalo. Corrêa e Giansesi (2012, p. 144) explicam que recursos devem ser entendidos como 'qualquer elemento necessário à produção de um produto', como pessoas, equipamentos, espaço físico etc. Como ensinado pela TOC, gargalos são recursos que restringem a produtividade de um sistema, por conta do tempo que demandam para a realização de uma tarefa, ou por sua disponibilidade, enquanto recursos não-gargalo são recursos que possuem capacidade acima da demanda que recebem.

A OPT está baseada, fundamentalmente, em nove princípios, descritos a seguir (DIAS, 2019):

- 1 – Balancear o fluxo e não a capacidade: buscar um fluxo de materiais suave e contínuo, possível apenas através da identificação dos gargalos que limitam o sistema;
- 2 – A utilização de um recurso não-gargalo não é determinado por ele próprio e sim pelas restrições do sistema: a utilização do recurso não-gargalo está condicionada à utilização do recurso gargalo ou de alguma outra restrição do sistema, como a demanda do mercado;
- 3 – Utilização e ativação de recursos não são sinônimos: A OPT prega que um recurso só está sendo 'utilizado' quando sua atuação contribui para que objetivos sejam atingidos, do contrário ele está apenas 'ativado';
- 4 – Uma hora ganha no gargalo é uma hora ganha para o sistema: desta forma, qualquer ganho de tempo em um recurso gargalo impacta na totalidade de um processo, de maneira que é recomendável buscar, por exemplo, economizar tempos de preparação de máquinas;
- 5 – Uma hora ganha em recurso não-gargalo é uma ilusão: ganhos de tempo em recursos não-gargalo não resultam em ganho prático para o sistema como um todo, pelo contrário, geram o risco de maior tempo ocioso ou maiores estoques (que, por sua vez, podem gerar custos);

6 – O lote de transferência pode e, frequentemente, não deve ser igual ao lote de processamento: Um recurso não-gargalo, ao transferir lotes para um recurso gargalo, pode reduzir/adaptar o tamanho destes lotes, de maneira que o gargalo esteja sempre abastecido;

7 – O lote de processamento deve ser variável: lotes de processamento devem ser variáveis entre estações de trabalho, obtidos através de cálculos que considerem custos de estoques, preparação etc. É recomendável que recursos gargalos processem lotes maiores, para minimizar, por exemplo, perdas por *setup*.

8 – Gargalos determinam o fluxo do sistema e, também, os seus estoques: Recursos não-gargalo devem estar programados, de maneira que enviem materiais ao gargalo em um tempo de segurança que garanta seu abastecimento assim que este estiver pronto para começar sua operação.

9 – Programação da produção e restrições devem ser considerados simultaneamente: Planejamento, Programação e Controle da Produção (PPCP) deve ser realizado levando em consideração as restrições encontradas em um sistema.

Martins e Laugeni (2010) acrescentam que o sistema OPT dispõe de uma terminologia própria, que serve para explicar sua abordagem acerca da produção em empresas, como:

**Tambor:** o gargalo numa produção se torna o tambor da produção, batendo o ritmo para o restante da fábrica;

**Corda:** o trabalho na linha é puxado pela corda no ritmo do tambor;

**Amortecedores:** devem ser colocados amortecedores de estoque antes do gargalo para evitar que ele nunca pare de trabalhar. (Martins e Laugeni, 2010, p. 413)

Nonnemacher e Pacheco (2012) explicam que, comumente, empresas brasileiras carecem de recursos voltados para a gestão, como ferramentas de análise de capacidade produtiva, e concluem que “pelas características do sistema OPT de ser flexível a qualquer ambiente produtivo e, sobretudo focar o gerenciamento do gargalo” (2012, p. 11), este sistema é o mais adequado para pequenas empresas do segmento industrial que busquem aprimorar a gestão de seus recursos produtivos.

No próximo subcapítulo será tratada a Gestão de Postos de Trabalho, (GPT), abordagem que foca na eficiência da produção.

### 2.3 Gestão de Postos de Trabalho (GPT)

Uma abordagem a ser considerada na busca por eficiência produtiva é a da gestão do posto de trabalho (GPT). Esta abordagem está baseada em um acompanhamento permanente da produção, através de cálculos e monitoramento contínuo, permitindo assim “ter conhecimento das reais eficiências do sistema de produção, com o objetivo de elaborar planos de ação e soluções para aumentar a eficácia da utilização dos ativos industriais.” (ANTUNES *et al*, 2008, p. 176). Ponzoni (2018, p. 8) explica que o foco desta abordagem consiste em “aumentar a eficiência operacional dos ativos sem realizar investimentos significativos num primeiro momento e gastar o mínimo possível dentro da organização”.

Baseada em conceitos conhecidos, como o Sistema Toyota de Produção (STP) e a Teoria das Restrições (TOC), esta abordagem busca melhorar a eficiência dos postos de trabalho, através de indicadores de fácil aplicabilidade e interpretação, de maneira a evitar o uso de critérios subjetivos para a gestão dos recursos (ANTUNES *et al*, 2008). Ainda de acordo com o autor, a abordagem GPT objetiva:

- Focalizar sua ação nos pontos críticos do sistema, os gargalos, bem como nos recursos que geram refugos e retrabalhos;
- Utilizar um medidor de eficiência global entre os postos de trabalho, que permita e estimule integração de setores como: produção, qualidade, manutenção etc.;
- Identificar maiores causadores da ineficiência de equipamentos;
- Realizar planos de melhoria sistêmicos para os pontos de trabalho críticos, a partir de dados observados através dos indicadores elaborados previamente. (ANTUNES *et al*, 2008).

Klippel (2007) destaca que a estrutura do modelo GPT baseia-se em cinco elementos fundamentais, descritos a seguir:

1. Entradas do Sistema – Foca na melhoria dos fluxos de produção, realizando a identificação dos postos de trabalho considerados críticos (por restrições de capacidade ou problemas de qualidade);
2. Processamento – Após a identificação dos postos de trabalho críticos, a GPT prega uma abordagem de visão sistêmica, unificada/integrada e voltada para resultados.

A **visão sistêmica** se dá sobre o processo de produção da empresa, e consiste na aplicação de recursos que objetivem a melhoria dos postos de trabalho. A **unificação/integração** sugere que estas ações de melhoria ocorram de maneira

conjunta, envolvendo todos os funcionários de um posto de trabalho. Por fim, é **voltada para resultados**, pois melhorias na eficiência dos postos de trabalho resultarão em ganhos gerais para a empresa. Para a medição da eficiência dos postos de trabalho, utiliza-se o Índice de Rendimento Operacional Global (IROG).

3. Saídas do sistema – São as informações de desempenho obtidas acerca do posto de trabalho, que deverão ser convertidas em ações gerenciais buscando melhorias nas rotinas dos postos de trabalho.

4. Treinamento - A gestão dos postos de trabalho se sustenta através da capacitação dos profissionais, envolvidos nos setores, acerca dos conceitos e ferramentas propostas pela GPT.

5. Gestão do sistema – Consiste em reuniões, realizadas de maneira frequente, entre todos os envolvidos com o GPT para propor ideias, discutir resultados e decidir por novas ações nos postos de trabalho definidos, inicialmente, como críticos.

A implementação da GPT compreende, de acordo com Ponzoni (2018), a realização das seguintes etapas:

- 1 – Definir colaboradores envolvidos na implementação do GPT e a matriz de responsabilidades;
- 2 – Desenvolver tipologia padrão para registro de paradas dos postos de trabalho e suas causas;
- 3 – Definir como será feita a coleta de dados, se através de algum software ou manualmente (diário de bordo);
- 4 – Definir como será feito o registro dos dados, se através de planilha eletrônica ou painel de gestão eletrônico;
- 5 – Definir quais postos de trabalho serão monitorados;
- 6 – Definir rotina de coleta e substituição dos dados (de acordo com a etapa 3);
- 7 – Definir o método GPT como o método a ser utilizado nos postos de trabalho monitorados;
- 8 – Treinar os colaboradores envolvidos na implementação do GPT;
- 9 – Registrar todas as informações diárias de produção através do método adequado (de acordo com a etapa 4);
- 10 – Alimentar planilha/painel de gestão eletrônico com dados colhidos na etapa 9;
- 11 – Utilizar dados colhidos na etapa 10 para a definição e cálculo de índices de eficiência, como o Índice de Rendimento Operacional Global (IROG);
- 12 – Implantar gestão visual;

13 – Estabelecer metas de resultados para os índices de eficiência previamente estabelecidos;

14 - Elaborar planos de ação com o objetivo de elevar índices de disponibilidade, desempenho e qualidade;

15 – Implementar as melhorias propostas nos planos de ação elaborados.

No próximo subcapítulo será abordado o Índice de Rendimento Operacional Global (IROG), cálculo utilizado para demonstrar a capacidade produtiva de recursos produtivos.

### 2.3.1 Índice de Rendimento Operacional Global (IROG)

Uma ferramenta útil a ser utilizada pela GPT é o cálculo do Índice de Rendimento Operacional Global (IROG). Através deste cálculo, será possível entender melhor como está o desempenho da área de manufatura e identificar qual é a máxima eficiência possível de ser atingida. (ANTUNES *et al*, 2008, p. 179).

De acordo com Prates e Bandeira (2011, p. 709), o IROG “indica a eficiência do equipamento durante o tempo de operação disponível”. As autoras explicam que o índice leva em consideração fatores como capacidade produtiva, disponibilidade e tempo de ciclo da operação. Também pode ser aplicado a fim de prover dados acerca de quantidade de refugos, paradas do equipamento, dentre outras análises mais aprofundadas.

A fórmula para a realização deste cálculo é demonstrada na figura 2:

**Figura 2 – Equação IROG**

$$\mu_{global} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{pi} \times q_i}{T}$$

Fonte: SILVEIRA; MENEZES; NUNES (2015, p. 3)

Onde:

$\mu_{global}$  = índice de rendimento operacional global;

$t_{pi}$  = tempo de ciclo de um produto  $i$ ;

$q_i$  = quantidade produzida de um produto  $i$ ;

$T$  = tempo total disponível para produzir.

A partir desta equação, Antunes *et al* (2008) explicam:

A eficiência da máquina irá variar entre 0 e 1, podendo ser demonstrada em valor percentual.

O IROG corresponde à razão entre tempo de valor agregado ( $t_{pi} \times q_i$ ) e tempo total para realização da produção no equipamento.

O tempo total da equação pode ser estabelecido com base na necessidade de utilização de um recurso.

Se o recurso analisado for identificado como gargalo, deverá ser considerada a produtividade total efetiva do equipamento, ou *total effective equipment productivity* (TEEP). Desta forma, leva-se em conta a totalidade do tempo disponível para um recurso, não excluindo tempos de parada programada. De acordo com os autores Antunes *et al* (2008), o ideal seria considerar 24 horas diárias, 7 dias por semana, caso a demanda neste recurso assim justifique. O objetivo em recursos gargalo é o de realizar, ao longo do tempo, melhorias que possibilitem o aumento do índice, de maneira que este recurso deixe de ser crítico para o sistema.

Se o recurso for considerado não gargalo, deverá então ser considerada a eficiência global do equipamento, ou *overall equipment efficiency* (OEE). Assim, tempos de paradas programadas serão considerados, sendo subtraídos do tempo total disponível. Esta distinção é necessária, pois, recursos não gargalo não precisam, e não devem, ser utilizados em tempo integral.

A aplicação do cálculo IROG e outras medições de desempenho podem ser realizadas em qualquer etapa de um processo produtivo, para que assim seja possível identificar, individualmente, sua eficiência. Para isto, pode-se calcular, por exemplo, a produtividade média do processo em um turno e, depois, dividir esta produtividade média pela capacidade máxima de cada uma de suas etapas. Como explicam Prates e Bandeira (2011), é esperado que o gargalo, neste tipo de cálculo, figure como a etapa mais eficiente, já que se trata da etapa que dita totalmente a capacidade produtiva.

Para lidar com as etapas mais ineficientes do processo, é possível realizar, como sugerido por Prates e Bandeira (2011, p. 714), “o balanceamento do fluxo, bem como a multifuncionalidade do grupo operacional”. Balancear o fluxo consiste em buscar equilíbrio entre as etapas produtivas, de maneira que não haja, por exemplo, a geração de estoques intermediários, ou disparidade de trabalho entre as unidades produtivas (ociosidade em uma e sobrecarga em outra).

As autoras acrescentam que é necessário também focar no aprimoramento do gargalo e dos demais Recursos com Restrição de Capacidade (RRCs), já que estes puxarão a capacidade produtiva e, por consequência, melhorarão os índices de maneira geral.

A seguir, será abordado o tema de planejamento da capacidade em sistemas produtivos.

## **2.4 Planejamento da capacidade**

Capacidade é, nas palavras de Moreira (2011, p. 137), “a quantidade máxima de produtos e serviços que podem ser produzidos em uma unidade produtiva, em um dado intervalo de tempo”. Ainda de acordo com o autor, a capacidade produtiva está atrelada a uma série de fatores, dentre os quais, destaca:

I) Instalações – As dimensões físicas de uma unidade produtiva podem favorecê-la ou prejudicá-la, assim como um bom arranjo pode resolver problemas imediatos de capacidade. Fatores como temperatura, iluminação e ruídos também devem ser considerados, por exercerem influência sobre funcionários, positivamente ou negativamente.

II) Composição dos Produtos ou Serviços – Diversidade de produtos costuma restringir capacidade. Por outro lado, produtos uniformes permitem padronização, assim, ganhando tempo.

III) O Projeto do Processo – O autor explica que processos podem ser classificados, genericamente, em três tipos: manuais, semiautomáticos e automáticos. Dentre estes, cada um apresenta quantidades e capacidades máximas de produção distintas, aumentando do processo manual para o automático.

IV) Fatores Humanos – O ‘capital humano’ de uma empresa afeta diretamente sua capacidade. Este capital pode ser melhorado através de treinamentos, preferencialmente continuados e prontamente aplicáveis no ambiente de trabalho, assim como através da aquisição de experiência por parte dos colaboradores.

V) Fatores Operacionais – Se trata dos recursos disponíveis para o desempenho do trabalho, como máquinas e equipamentos. A velocidade com que operam limita a capacidade.

VI) Fatores Externos – A capacidade de uma empresa está, também, limitada a fatores externos. Um exemplo, trazido por Moreira (2011, p.140), são “os padrões de qualidade e desempenho exigidos dos produtos por parte dos clientes”. Também podem existir restrições da capacidade através de leis que, de algum jeito, limitem a atuação da empresa.

Corrêa e Corrêa (2017) explicam que decisões acerca de capacidade produtiva normalmente incluem as seguintes atividades:

- Avaliação da capacidade já disponível;
- Previsão de necessidades futuras;
- Identificação de alternativas para modificar capacidade em curto, médio e longo prazo;
- Identificação de alternativas para alterar a demanda;
- Avaliação do impacto da decisão no desempenho do processo;
- Avaliação de aspectos econômicos, operacionais e tecnológicos acerca das alternativas para incrementar a capacidade;
- Seleção de alternativas objetivando adicionar capacidade.

No subcapítulo a seguir serão explicados os sistemas de administração da produção Just In Case e Just In Time.

## **2.5 Just In Case e Just In Time**

Dois importantes conceitos, norteadores da administração da produção e de materiais, são os sistemas *Just In Case* e *Just In Time*. Estas duas filosofias, que lidam com a produção de maneiras radicalmente opostas e se diferenciam, especialmente, na maneira como gerem os estoques dentro das empresas, estão descritas a seguir.

### **2.5.1 Just In Case**

O Just In Case, que pode ser traduzido como ‘no caso de’, é a abordagem tradicional da produção que, nas palavras de Antunes, Kliemann e Fensterseifer (1989, p. 49) “dá prioridade à utilização da estrutura de produção da empresa, dividida em seções fixas (tornos, fresas, montagem etc.), a qual é otimizada pela fabricação

de artigos em grandes lotes e está sujeita a constituição de estoques”. Também de acordo com os autores, o Just In Case se caracteriza por atribuir à previsão de vendas papel fundamental, orientando, através desta previsão, a necessidade de pessoal e de produção.

É uma abordagem que tem como característica a produção em grandes lotes, gera estoques e tem ênfase em eficiência operacional. Originou-se a partir das ideias de Frederick Taylor, que introduziu a Administração Científica e Henry Ford, fundador da Ford Motor Company, que popularizou a produção em série. Este sistema, que teve origem no início do século XX e predominou até o início dos anos 80, se justificou por, nas palavras de Gusmão (1998, p. 11), apoiar-se “no modelo econômico e comercial que vigorou neste período e que convencionou-se chamar de Era da Produção Em Massa, de onde cunhou-se a expressão Paradigma da Produção em Massa”.

O autor Gusmão (1998, p. 11) acrescenta que a característica principal deste paradigma é o de organizar a produção para o “atendimento de um mercado consumidor, com altos volumes de produtos padronizados, ofertados a preços baixos por poucos fornecedores”. Outra definição comum dada ao Just In Case é a de que este se trata de um sistema de produção empurrada, já que, como explicam Antunes, Kliemann e Fensterseifer (1989, p. 50), “empurram a produção, isto é, fabricam de acordo com previsões para a constituição de estoques, buscando minimizar os custos totais da estrutura da produção”.

### 2.5.2 Just In Time

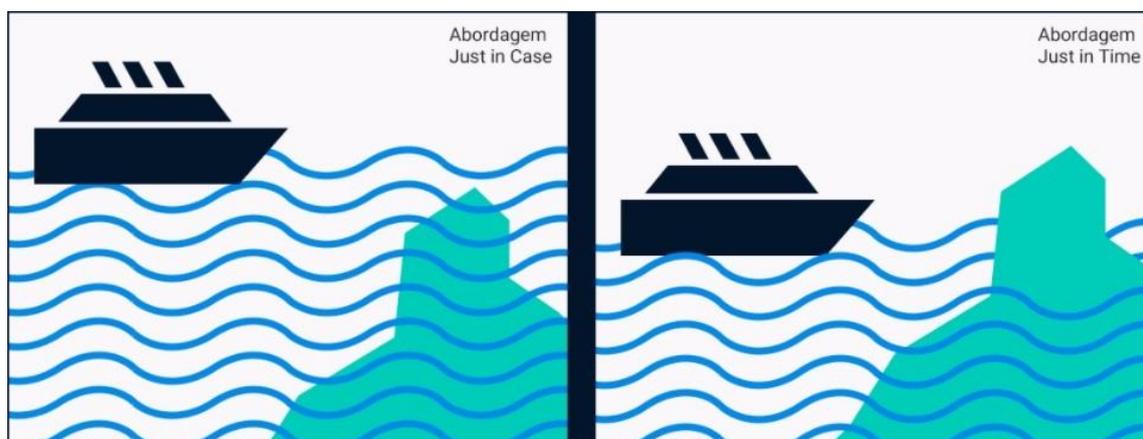
O Just In Time, que pode ser traduzido como ‘no momento certo’, se trata de uma abordagem da produção desenvolvida nos anos 1960, no Japão, tendo, de acordo com Paoleschi (2019, p. 165) “a ideia básica e o desenvolvimento criados pela Toyota Motor Company – por isso, o JIT também é conhecido como Sistema Toyota de Produção”. O autor explica que a abordagem, originalmente aplicada apenas na manufatura, ampliou-se para as atividades administrativas, especialmente as que compreendem a gerência de estoques.

Para Albertin (2016, p. 151), uma das metas do Just In Time é a de “eliminar qualquer função desnecessária ao sistema de manufatura que traga custos indiretos”. O autor acrescenta que o sistema se baseia em cinco princípios, descritos a seguir:

- Cada empregado ou posto de trabalho é, também, um cliente e fornecedor;
- Cada cliente e fornecedor é uma extensão do processo de manufatura;
- Procurar simplificar continuamente;
- Prevenir problemas para não ter que resolvê-los;
- Obter matéria-prima e produzir apenas quando necessário.

Corrêa e Giansesi (2012) argumentam que, dentre as principais diferenças entre este sistema e o sistema tradicional (JIC), está a sua característica de 'puxar' a produção conforme a demanda. "Neste sistema, o material somente é processado em uma operação se ele é requerido pela operação subsequente do processo", explicam os autores (2012, p. 58). Desta forma, ao contrário do Just in Case, que vê na constituição de estoques uma solução, o Just In Time considera a existência de estoques um gasto desnecessário. Na figura 3 está ilustrada comparação entre os sistemas Just In Case e Just In Time:

**Figura 3** – Comparação Just In Case e Just In Time



A figura acima compara as metodologias Just In Case e Just In Time. O navio representa a empresa, o nível da água representa recursos da empresa como estoques, funcionários, instalações, máquinas etc. e o iceberg representa gargalos, produtos defeituosos, mal treinamento, dentre outros problemas. Desta maneira, ilustra que a metodologia Just In Case, por conta de seus excessos, 'esconde' os problemas, enquanto o Just In Time, com sua metodologia enxuta, força a empresa a enfrentá-los.

Fonte: Konitech (2020)

No próximo subcapítulo serão descritas as sete perdas, conceito relacionado ao Sistema Toyota de Produção.

## 2.6 As sete perdas

Influenciador direto do Just In Time, o Sistema Toyota de Produção traz uma série de conceitos, como o das 'sete perdas', desenvolvido por Taiichi Ohno, considerado o "fundador do STP" (MONDEN, 2015, p. 18). Estas perdas são, de acordo com Lima e Campos (2014):

- Perda por superprodução: É a perda ocasionada pelo excesso de produção, que vai além do que é demandado pelos clientes e segue uma lógica de 'produção em grandes lotes', mentalidade preconizada pelo Just In Case. Lima e Campos (2014, p. 15) explicam que "os adiantamentos de produção na suposição de uso futuro são desperdícios. Faça somente o necessário, aquilo que o cliente deseja".

Antunes (2014), aponta possíveis soluções para este tipo de perda:

- a) **Melhorar processo de estocagem**, através do nivelamento de quantidade e sincronia das etapas do processo, buscando minimizar ou eliminar existência de estoques intermediários. Buscar também operação em fluxo de uma só peça e a produção em pequenos lotes. O autor sugere que, para este tipo de solução, talvez seja necessária a mudança de *layout*;
  - b) **Melhorar operações**, através de ajustes em máquinas que sirvam para minimizar tempo de preparação, uma vez que tempos de preparação mais longos acarretam a produção de grandes lotes e, conseqüentemente, demandam grandes estoques intermediários. Tempos de preparação longos impactam também no tempo de atravessamento do produto (*lead time*).
- Perda por transporte: São as perdas por movimentação de materiais que "geram custo e não adicionam valor, e que, além disso, podem ser eliminadas imediatamente ou em prazo curto claramente delimitado" (ANTUNES, 2014). Ainda de acordo com o autor, ações para minimizar este tipo de perda compreendem:
    - a) **Melhorar layout** visando a eliminação de movimentação desnecessária dos materiais;
    - b) **Buscar mecanização ou automatização** dos trabalhos de transporte que não possam ser eliminados em médio ou curto prazo.

- Perda no processamento em si: São atividades não necessárias para que o produto atinja as características básicas esperadas. Estas perdas podem ser eliminadas através de:
  - a) **Análise do ‘tipo de produto’** que se deseja produzir, se valendo de conceitos como o da Engenharia de Valor, que é, resumidamente, “um estudo realizado para prevenir e diminuir custos antes de um produto, serviço ou empreendimento ser iniciado” (VELOSO, 2019).
  - b) **Análise de métodos** a serem utilizados no desenvolvimento do produto, uma vez que a definição do tipo de produto já tenha sido realizada.
  
- Perda pela fabricação de produtos com defeito: São as perdas por produção que não atende os requisitos mínimos de qualidade (não conformidade). Para a minimização ou eliminação deste tipo de perda, Shigeo Shingo – especialista em produtividade e coautor de diversos métodos Just In Time junto de Taiichi Ohno (*The New York Times*, 1990) - sugere três sistemas de inspeção:
  - a) **Sistema de Inspeção Sucessiva**, que consiste em o trabalhador do processo seguinte inspecionar o trabalho realizada na etapa anterior;
  - b) **Sistema de Autoinspeção**, que consiste na inspeção realizada pelo próprio trabalhador, sobre o trabalho realizado;
  - c) **Sistema de Inspeção na Fonte**, que significa, de acordo com Antunes (2014), “a prevenção dos defeitos através do controle das causas principais que originam e influenciam a qualidade dos produtos”.
  
- Perda por movimento: Consiste nas perdas que ocorrem por conta dos movimentos desnecessários ou mal realizados pelos funcionários na realização do trabalho. Shingo (ANTUNES, 2014) sugere a utilização de três referências base para a eliminação destas perdas:
  - a) **Estudo dos movimentos proposto por Gilbreith**, engenheiro norte-americano pioneiro no estudo dos movimentos para execução de trabalhos. Afirmava, de acordo com Souza (1997, p. 22), “que não poderia haver reduções no tempo sem que fossem feitas profundas melhorias nos próprios movimentos (causais) e nas condições de trabalho necessárias para esses movimentos”.

- b) Estudo dos tempos e movimentos proposto por Taylor**, engenheiro norte-americano grande influenciador da administração científica. Influenciado por Gilbreith, Taylor aprofundou estudos sobre a movimentação de trabalhadores na realização de processos. Segundo Tischer (1999), os principais objetivos destes estudos eram:
- Reelaboração das tarefas para tornar movimentos mais simples e rápidos;
  - Desenvolvimento de padrões de movimentos que proporcionassem aos trabalhadores executar tarefas mais rápido e com menor esforço;
  - Estabelecimento de padrões em tarefas para determinar escalas de pagamento e proporcionar a análise de desempenho de funcionários;
  - Desenvolvimento de um roteiro completo sobre como desempenhar uma tarefa, de maneira a ajudar no recrutamento, seleção e treinamento de novos colaboradores.
- c) Estudo do tempo alocado**, que consiste, nas palavras de Antunes (2014) “em estabelecer performances de tempo padronizadas que funcionam como base contratual para que as empresas estabeleçam os sistemas de contrato de trabalho”.
- Perda por espera: São as perdas que ocorrem pela ociosidade de trabalhadores e/ou máquinas. Costumam ser ocasionadas por longos tempos de preparação de máquinas, falta de sincronização entre etapas produtivas e, também, por falhas do sistema. Podem ser minimizadas através de:
    - a) Sistemática de setup rápido**, através, por exemplo, da implementação da Troca Rápida de Ferramentas (TRF), descrita por Fogliatto e Fagundes (2003, p. 163) como “uma metodologia para redução dos tempos de preparação de equipamentos, possibilitando a produção econômica em pequenos lotes”. Os autores explicam ainda que a TRF auxilia no processo reduzindo os tempos de atravessamento, o que proporciona à empresa rápida resposta às possíveis mudanças do mercado. Atribuída a Shigeo Shingo, esta é uma metodologia considerada essencial ao Sistema Toyota de Produção (SHINGO, 2017).
    - b) Sistemas e técnicas que facilitem a produção**, como o método Kanban, atribuído a Taiichi Ohno e de aplicabilidade em sistemas de “produção discreta e repetitiva, ou seja, de produtos padronizados e cuja procura seja

relativamente estável” (LOBO, 2010, p. 97). Traz, como objetivos principais: Regular flutuações acerca da procura e volume da produção dos postos de trabalho, de maneira a evitar a propagação dessas flutuações;  
Minimizar flutuações de estoque, com meta no estoque zero;  
Descentralizar a gestão de fábrica, de maneira a permitir maior autonomia às chefias diretas sobre a produção;  
Regular flutuações nos estoques do postos de trabalho, por conta de suas diferentes capacidades produtivas;  
Produzir a quantidade certa quando for requisitada. (LOBO, 2010).

**c) Utilização de sistemas e técnicas de maior confiabilidade**, visando a minimização de paradas não programadas.

- Perda por estoques: São, nas palavras de Antunes (2014), “a existência de estoques elevados de matérias-primas, material em processo e/ou produtos acabados” que acarretam desvantagens como custo para alocação, obsolescência, risco de não ser vendido etc. Para solucionar este tipo de perda, o autor elenca “nivelamento das quantidades, sincronização e a adoção da produção em pequenos lotes”, mentalidade atribuída a Shigeo Shingo e diretamente relacionada ao JIT.

No próximo subcapítulo será descrito o Controle da Qualidade Zero Defeitos, mentalidade que objetiva, através da realização de diferentes tipos de inspeção da produção, minimizar e eliminar a incidência de produtos defeituosos.

## **2.7 Controle da Qualidade Zero Defeitos (CQZD)**

O controle da qualidade zero defeitos consiste em uma mentalidade, praticada pelo Sistema Toyota de Produção, de eliminação de defeitos da produção “através da identificação e controle das causas” (Ghinato, 1995, p. 172). Segundo Ghinato, esta mentalidade está fundamentada em quatro pontos fundamentais:

1. Inspeção na fonte, que consiste em inspecionar o processo no começo, e não no final, de maneira a identificar na origem possíveis causas de problemas e, assim, evitá-los;

2. Inspeção 100%, que consiste em inspecionar a totalidade das peças produzidas, ao invés de inspeção por amostragem;
3. Redução do tempo decorrido entre a identificação do problema e a sua correção;
4. Aplicação de dispositivos que sirvam para a detecção de falhas.

Guimarães *et al* (2003, p.3) explicam que "para alcançar o zero defeito os japoneses determinaram que seria fundamental uma inspeção eficiente em 100% da produção". Gonçalves (2004) define que os três objetivos da inspeção são a descoberta, redução e eliminação de defeitos, e que estes três objetivos dialogam, respectivamente, com as inspeções por julgamento, informativa e na fonte. Shingo (2017) explica individualmente estes três tipos de inspeção:

**Inspeção por julgamento** – É a inspeção realizada nos produtos prontos ou quase prontos para identificar sua conformidade ou não conformidade, cumprindo com o objetivo de descoberta dos defeitos da produção, porém, não servindo, por si só, para minimizá-los.

**Inspeção informativa** – É a inspeção que identifica e fornece *feedback* ao operador do processo sobre defeitos encontrados, de maneira a reduzir sua incidência. Subdivide-se, conforme Gonçalves (2004) em três categorias:

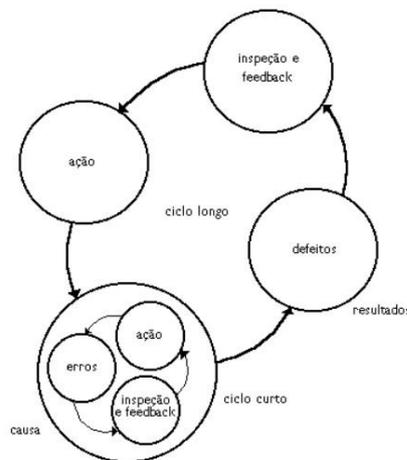
- a) Controle estatístico da qualidade: Faz uso de métodos estatísticos para o controle de qualidade, estabelecendo 'Limites de Especificação', que são as "tolerâncias demandadas pelas funções do produto" (MARTINS, 2009, p. 26) e 'Limites de Controle', que determinam as condições normais de uma operação, utilizando média e desvio padrão.
- b) Sistema de Inspeção Sucessiva (SIS): É a inspeção que consiste em atribuir, ao funcionário da etapa seguinte, a tarefa de avaliar a qualidade do trabalho realizado no processo anterior. Desta forma, explica Shingo (2017, p. 53), "proporciona tanto objetividade quanto *feedback* imediato". Gonçalves (2004) explica que esta forma preconiza "100% de inspeção", ou seja, a inspeção da totalidade do que foi produzido no processo anterior, de maneira a evitar que um produto defeituoso chegue à etapa seguinte de processamento.

**Inspeção na fonte** – É a inspeção que, conforme Shingo (2017, p. 55) “previne a ocorrência de defeitos, controlando as condições que influenciam a qualidade na sua origem”. Gomes (2001, p. 37) explica que a correta aplicação deste tipo de inspeção “depende do reconhecimento da existência da relação causa-efeito, da identificação dos tipos de erros possíveis e da aplicação de técnicas capazes de neutralizá-los”.

A inspeção na fonte se dá através de dois tipos possíveis de “ciclos de controle”, de acordo com Martins (2009). No primeiro, chamado “Ciclo Longo de Controle”, um erro (causa) ocorre e gera, por consequência, um produto com defeito (efeito). A partir disso, é gerado feedback para o processo, de maneira que o erro seja corrigido e seus efeitos eliminados. Neste tipo de ciclo, não é eliminada a possibilidade de que o defeito ocorra, ao menos, uma vez. No segundo, chamado de “Ciclo Curto de Controle”, a ocorrência do erro gera *feedback* imediato, de maneira que, ainda durante o momento em que acontece, seja realizada uma ação corretiva que evite, antecipadamente, a ocorrência de um defeito.

Um aspecto fundamental da inspeção na fonte é o seu ciclo rápido de fornecimento de feedback, ilustrado assim por Gomes (figura 4):

**Figura 4 – Velocidade de feedback**



Fonte: GOMES (2001, p. 37)

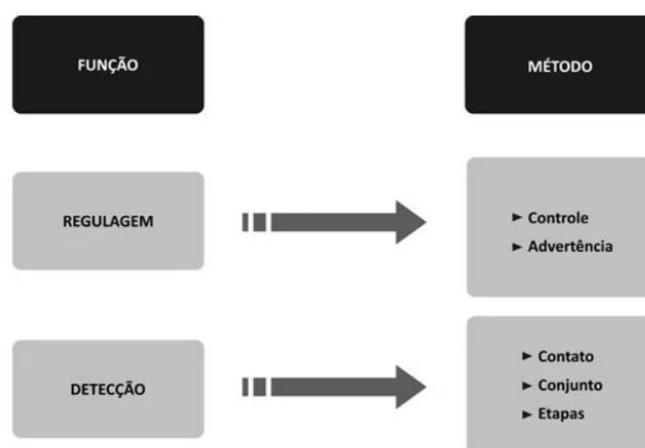
No subcapítulo a seguir será descrito o dispositivo à prova de erros Poka-Yoke, indispensável ferramenta para a eliminação de erros em processos produtivos.

### 2.7.1 Poka-Yoke

Poka-Yoke (à prova de erros) são dispositivos de detecção de falhas que objetivam, de acordo com Freitas (2015, p. 70), “viabilizar a inspeção na fonte e consequentemente eliminar as perdas pela fabricação de algum produto defeituoso”. Costumam ter *design* simples, porém, são de grande importância para o controle de qualidade de uma empresa que objetive a eliminação de defeitos. Para Shingo (2017, p. 113) o Poka-Yoke “previne a ocorrência de erros, o que, por sua vez, reduz o tempo de inspeção e libera tempo para investimento na qualidade”.

Rodrigues (2015) define que os dispositivos Poka-Yoke podem ser divididos entre função de regulação ou de detecção, como demonstrados na figura 5.

**Figura 5** – Funções e métodos do Poka-Yoke



Fonte: Rodrigues (2015, p. 112)

A função de Regulagem faz uso de dois métodos, os de Controle e Advertência. O método de Controle tem a função de, quando acionado o Poka-Yoke, interromper imediatamente o processo em execução. O método de Advertência aciona algum tipo de alerta, sonoro ou visual, que informe ao operador do processo que o dispositivo Poka-Yoke foi ativado, porém, não realiza a interrupção.

A função de Detecção opera através de três métodos, de Contato, Conjunto e Etapas. O método de Contato “busca identificar falhas diante do contato, ou não, entre dispositivos, peças ou de características relacionadas à forma, ao peso ou às dimensões” (RODRIGUES, 2015, p. 112). O método de Conjunto consiste em verificar

se o conjunto de ações previstas em um processo foram executadas. Por fim, o método de Etapas verifica se as ações estão ocorrendo conforme a sequência prevista para que sejam realizadas.

Como possíveis exemplos de dispositivos Poka-Yoke, alguns dos quais facilmente observáveis no dia a dia, Rodrigues (2015) menciona os cabos periféricos utilizados em computadores, que apresentam *layout* singular que impossibilita que sejam conectados incorretamente. Menciona, também, dispositivos disponíveis em carros, que cortam a energia da bateria do veículo para os faróis, quando a chave é tirada da ignição, de maneira a impedir que, por esquecimento, os faróis permaneçam ligados. Um último exemplo, mais voltado para linhas de produção, é a disponibilidade de gabaritos em máquinas, que orientam o formato padrão para o corte de uma peça, com o intuito de impedir que o operador cometa erros.

O próximo subcapítulo tratará do sistema Kanban, importante ferramenta para aplicação do conceito JIT em empresas.

## 2.8 Kanban

O Kanban (cartão) consiste em uma ferramenta, essencial ao STP e o JIT, de “autorização da produção e movimentação do material” (MARTINS e LAUGENI, 2010, p. 408). Sua forma mais comum de utilização ocorre através do preenchimento de cartões, contendo informações acerca de coleta, transferência e produção de materiais (OHNO, 1997). O papel do Kanban no STP é o de carregar a informação “vertical e lateralmente dentro da própria Toyota e entre a Toyota e as empresas colaboradoras” (OHNO, 1997, p. 46).

O autor Monden (2015, p. 9) explica que o sistema Kanban no STP é sustentado pelos seguintes itens: “Sincronização da produção; Padronização das operações; Redução do tempo de preparação; Atividades de Melhoria; Projetos de *layout* das máquinas; Autonomia”.

Um típico cartão Kanban apresenta características como as demonstradas na figura 6:

**Figura 6 – Exemplo de Kanban**

CARTÃO DE PRODUÇÃO (CP)	
Código da peça: 3XYW	CP nº 3 de 8
Nome da peça: <i>Eixo principal</i>	
Posto de trabalho: 3J	
Capacidade do contêiner: 20 unidades	
Materiais necessários:	
• Barra de aço — Código: XYW3A	
• Localização — Prateleira: C3-P17-L9	

CARTÃO DE MOVIMENTAÇÃO (CM)	
Código da peça: 3XYW	CM nº 6 de 8
Nome da peça: <i>Eixo principal</i>	
Posto de retirada: A	
Posto de recebimento: B	
Capacidade do contêiner: 20 unidades	
Localização no estoque: Prateleira: C7-P3-L4	

Fonte: MARTINS; LAUGENI (2010, p. 409)

Ohno (1997) acrescenta que o Kanban é, essencialmente, um meio para se atingir o JIT. A utilização do Kanban, se bem executada, “mostra imediatamente o que é desperdício, permitindo um estudo criativo e propostas de melhorias” (OHNO, 1997, p. 48). Ainda de acordo com o autor, a correta utilização do Kanban servirá também para reduzir mão-de-obra, estoques e demais objetivos JIT. Desta forma, elenca funções e regras para utilização, conforme quadro 1:

**Quadro 1 – Funções e regras do Kanban**

Funções do Kanban	Regras para utilização
1. Fornecer informação sobre buscar ou transportar	1. O processo subsequente recebe o numero de itens indicados pelo Kanban no processo precedente
2. Fornecer informação sobre a produção	2. O processo inicial produz itens na quantidade e sequência indicadas pelo Kanban
3. Impedir superprodução e transporte excessivo	3. Nada é produzido ou transportado sem um cartão Kanban
4. Servir como uma ordem de fabricação afixada às mercadorias	4. Serve para afixar um Kanban às mercadorias
5. Impedir produtos defeituosos pela identificação do processo são realizados	5. Produtos defeituosos não são enviados ao processo subsequente, resultando em mercadorias não defeituosas
6. Revelar problemas e manter controle de estoques.	6. Reduzir o número de Kanbans aumenta a sensibilidade aos problemas

Fonte: Adaptado de Ohno (1997)

A seguir, será discutida a filosofia Kaizen, originária do Japão e que preconiza a mentalidade de melhoria contínua dentro das empresas.

## 2.9 Kaizen

O Kaizen (mudar para melhor) é uma filosofia, introduzida à administração em 1986 por Masaaki Imai, que está associada à ideia de melhoria contínua e se estende, além do ambiente profissional, ao lar e à vida social (MARTINS e LAUGENI, 2010). Sua aplicação ao contexto organizacional foca na eliminação de todas as perdas nos processos e consiste, de acordo com Martins e Laugeni (2010, p. 465) “na aplicação de dois elementos, ou seja, na melhoria, entendida como uma mudança para melhor e na continuidade, entendida como ações permanentes de mudança”.

Kirchner *et al* (2008) explicam que o objetivo do Kaizen é o de melhorar, continuamente e gradativamente, os processos dentro uma organização. Ainda de acordo com os autores, esta filosofia parte do pressuposto de que trabalhadores em empresas cometem erros, e que os erros são uma oportunidade de implementação de melhorias, que só serão possíveis através de “uma relação de confiança entre as pessoas dos diferentes níveis na empresa. Os trabalhadores participam da análise de defeitos, erros e desenvolvem ideias para melhoria” (KIRCHNER *et al*, 2008, p. 114).

Dentre os maiores impeditivos da implementação da filosofia Kaizen dentro de uma empresa, Martins e Laugeni (2010) citam o comodismo que desencoraja mudanças, através de frases como “Estou muito ocupado para pensar no assunto”, “Não está previsto no orçamento”, “Não é da nossa alçada” (MARTINS e LAUGENI, 2010, p. 465).

Para combater o desencorajamento às mudanças, os autores elencam possíveis ações e pensamentos:

- Descartar ideias convencionais e inflexíveis;
- Pensar em como fazer e não em motivos para não fazer;
- Não apresentar desculpas e questionar as práticas atuais;
- Não procurar a perfeição, agir imediatamente, mesmo que para atingir objetivos apenas parcialmente;
- Caso a ação resulte em erros, aplicar correções imediatamente;
- Não gastar com o Kaizen, buscar a criatividade;
- Criatividade surge através da necessidade;

- Perguntar “por quê?” ao menos cinco vezes e procurar as raízes dos problemas;
- Procurar aconselhar-se com várias pessoas, ao invés de apenas uma;
- Sugestões na filosofia Kaizen são infinitas.

Kirchner *et al* (2008, p. 117) sugerem que mudanças conduzidas pela filosofia Kaizen ocorrem através de “Pequenos passos; Conhecimento convencional; Melhor uso dos recursos existentes; Pensar orientado por processos; Trabalho em grupos; Orientação para os trabalhadores; Alto envolvimento dos trabalhadores”.

O sistema Kaizen, por se tratar primariamente de uma filosofia de melhoria contínua e não de uma ferramenta propriamente dita, é aplicado através de diversas metodologias e ferramentas, algumas das quais mencionadas neste trabalho, como o Just In Time, Kanban, CQZD, Poka-Yoke, dentre outros.

No subcapítulo seguinte será descrito o mapa de fluxo de valor, ferramenta útil para a análise do fluxo de um produto ao longo de uma cadeia produtiva, até a entrega ao cliente.

## **2.10 Mapa de Fluxo de Valor (MFV)**

O Mapa de fluxo de valor é uma ferramenta, desenvolvida a partir da mentalidade de produção enxuta (*lean*), que objetiva, de acordo com Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009), eliminar desperdícios. Os autores explicam que a ferramenta de mapa de fluxo de valor desenvolve um mapa visual que compreende “cada processo envolvido no fluxo de materiais e informações na cadeia de valores de um produto. Esses mapas consistem em um desenho atual, um desenho de estado futuro e um plano de implementação” (KRAJEWSKI, RITZMAN e MALHOTRA, 2009, p. 298). Ainda de acordo com os autores, a finalidade do MFV é a de viabilizar a otimização do fluxo de valor.

Lélis (2018, p. 253), explica que a elaboração do MFV segue quatro passos:

1. Escolher a família de produtos a ser mapeada;
2. Desenhar o mapa do estado atual da produção;
3. Desenhar o mapa do estado futuro da produção;
4. Traçar um plano de trabalho e implementação.

As métricas usadas para a elaboração deste mapa de fluxo de valor, definidas conforme Rother e Shook (2003), são:

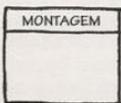
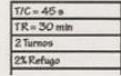
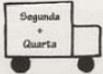
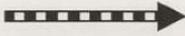
**Tempo de Ciclo (TC):** A frequência com que uma peça é completada em um processo;

**Lead Time (LT):** O tempo que uma peça leva para mover-se ao longo de todo um processo ou fluxo de valor;

Também foram incluídas Taxa de Retrabalho e incidência de estoques entre etapas do processo.

A simbologia do MFV está demonstrada na figura 7:

**Figura 7 – Símbolos do MFV**

Ícones de Materiais	Representa	Notas
	Processo	Uma caixa de processo equivale a uma área de fluxo. Todos os processos devem ser identificados. Também usado para departamentos como o de Controle da Produção.
	Fontes Externas	Usado para mostrar clientes, fornecedores e processos de produção externos.
	Caixa de Dados	Usado para registrar informações relativas a um processo de manufatura, departamento, cliente etc
	Estoque	Quantidade e tempo devem ser anotados.
	Entrega via Caminhão	Anotar a frequência de entregas.
	Movimento de materiais da produção <b>EMPURRADO</b>	Material que é produzido e movido para frente antes do processo seguinte precisar; geralmente baseado em uma programação

Fonte: ROTHER; SHOOK (2003, p. 114)

No capítulo seguinte serão descritos métodos e procedimentos escolhidos para a execução deste estudo de caso.

### 3 MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

Neste capítulo estão descritos os métodos e procedimentos que foram utilizados na realização desta pesquisa. Método de pesquisa significa, em sentido amplo, “a escolha de procedimentos sistemáticos para a descrição e explicação de fenômenos” (RICHARDSON, 2017, p. 14). Após definido o método, é elaborada uma estratégia de pesquisa, onde são escolhidos, de acordo com Azevedo, Machado e Silva (2011, p. 47) “procedimentos técnicos a serem utilizados no processo de investigação científica”.

A seguir será explicado o delineamento da pesquisa realizada neste estudo de caso.

#### 3.1 Delineamento de Pesquisa

O método utilizado na realização deste trabalho é o de pesquisa qualitativa, uma vez que este “abrange um paradigma fenomenológico – por exemplo, de interpretação e de descrição” (AZEVEDO, MACHADO e SILVA, 2011, p. 44). É de caráter descritivo, já que, como descrevem Barros e Lehfeld (2007, p. 84) “procura descobrir a frequência com que um fenômeno ocorre, sua natureza, características, causas, relações e conexões com outros fenômenos”.

Possui também cunho exploratório, pois este tipo de estudo, conforme Gil (2017, p. 43) “tem a finalidade de proporcionar a familiaridade do pesquisador com a área de estudo na qual está interessado, bem como sua delimitação”.

Segundo Gibbs (2011), é cada vez mais difícil encontrar uma definição só para pesquisa qualitativa, que seja aceita pela maioria das abordagens e pesquisadores do campo. Entretanto, acrescenta que, apesar dos distintos enfoques existentes, é possível traçar características comuns. Este é um tipo de pesquisa que, ainda de acordo com Gibbs (2011), visa abordar o mundo “lá fora”, e entender, descrever e, às vezes, explicar fenômenos sociais de diversas maneiras diferentes:

- Analisando experiências de indivíduos ou grupos.
- Examinando interações e comunicações que estejam se desenvolvendo.
- Investigando documentos (textos, imagens, filmes ou músicas) ou traços semelhantes de experiências ou interações. (GIBBS, 2011, p. 9).

Em comum, estas abordagens compartilham a busca pelo entendimento de como as pessoas “constroem o mundo a sua volta, o que estão fazendo ou o que está lhes acontecendo em termos que tenham sentido e que ofereçam uma visão rica” (GIBBS, 2011, p. 8).

Este trabalho se trata também de um estudo de caso, em que foi observada a realidade de uma empresa específica, em uma situação real. Os autores Martins e Theóphilo (2016, p. 59) explicam que estudo de caso “é o estudo de uma unidade social que se analisa profunda e intensamente”. Ainda de acordo com os autores, “trata-se de uma investigação empírica que pesquisa fenômenos dentro de seu contexto real” (MARTINS e THEÓPHILO, 2016, p. 59).

A seguir, será conceituada a unidade de análise escolhida para ser o objeto de estudo deste estudo de caso.

### **3.2 Unidade de análise**

Rea e Parker (2000, p. 137) definem que “Unidade de análise é o indivíduo, objeto ou instituição (ou grupo de indivíduos), objetos ou instituições que têm relevância para o estudo do pesquisador”. O alvo deste estudo, ou seja, sua unidade de análise, é o processo de beneficiamento de peças em zinco ácido. Assim, envolveu também os funcionários relacionados à totalidade de etapas do processo produtivo analisado, bem como funcionários em cargos de chefia (diretor, coordenadores da qualidade e de PCP) responsáveis por tomadas de decisão acerca do processo.

No subcapítulo seguinte serão conceituadas as técnicas de coleta de dados utilizadas na realização deste estudo de caso.

### **3.3 Técnicas de coleta de dados**

Na elaboração de um estudo de caso, a realização da coleta de dados ocorre, segundo Martins (2008, p. 22), após “a definição clara e precisa do tema, enunciado das questões orientadoras, colocação das proposições – teoria preliminar -, levantamento do material que irá compor a plataforma do estudo”. Este autor elenca também passos a serem seguidos para a elaboração correta de uma técnica de coleta de dados:

- a) listar variáveis que serão medidas ou descritas;

- b) revisar significados e conceitos acerca das variáveis escolhidas;
- c) revisar como cada variável será descrita ou medida;
- d) escolher técnicas e iniciar a elaboração dos instrumentos de coleta de dados.

O autor Yin (2015) elenca algumas técnicas de coleta de dados, por ele descritas como “fontes de evidência”, e lista seus pontos fortes e fracos, apresentados no quadro 2.

**Quadro 2 – Prós e contras das técnicas de coleta de dados**

Fonte de evidência	Pontos Fortes	Pontos Fracos
<b>Documentos / Registros em arquivo</b>	<b>Estáveis</b> - podem ser revistos quando necessário;	<b>Recuperabilidade</b> - podem ser difíceis de encontrar;
	<b>Discretos</b> - não existem por conta do estudo de caso;	<b>Seletividade parcial</b> - se não forem encontrados em sua totalidade;
	<b>Exatos</b> - contém informações exatas do evento;	<b>Parcialidade do relatório</b> - pode ter sido escrito de maneira parcial;
	<b>Amplos</b> - compreendem longo período de tempo, diversos ambientes e eventos; <b>Precisos</b> e tipicamente <b>Quantitativos</b> .	<b>Acesso</b> - pode ser negado acesso ao documento ou registro.
<b>Entrevistas</b>	<b>Direcionadas</b> - focam diretamente no estudo de caso;	<b>Parcialidade</b> por conta de perguntas mal articuladas ou mal respondidas;
	<b>Perceptíveis</b> - fornecem explicações e visões pessoais.	<b>Incorreções</b> devido à falta de memória; <b>Reflexividade</b> - entrevistado responde ao entrevistador o que ele quer ouvir.
<b>Observações diretas/ Observações Participantes</b>	<b>Urgentes</b> - cobertura em tempo real;	<b>Consome tempo</b> ;
	<b>Contextuais</b> - Cobrem o contexto do estudo;	<b>Seletividade</b> - Cobertura total é difícil sem uma equipe;
	<b>Discerníveis</b> ao comportamento e motivos interpessoais.	<b>Reflexividade</b> - pode transcorrer diferentemente por conta da observação; <b>Custo</b> - horas necessárias para a observação;
<b>Artefatos físicos</b>	<b>Discerníveis</b> às características culturais;	<b>Seletividade</b> ;
	<b>Discerníveis</b> às operações técnicas.	<b>Disponibilidade</b> .

Fonte: Adaptado de YIN (2015)

Nos subcapítulos a seguir, serão descritas as técnicas de coleta de dados utilizadas na elaboração deste estudo de caso.

### 3.3.1 Entrevista

A entrevista proporciona uma dinâmica de coleta de informações em tempo real, cara a cara com o entrevistado, de maneira que é possível articular novos questionamentos, quando estes são pertinentes e complementares ao que se busca compreender. De acordo com Roesch (2013), o objetivo primário da entrevista é

entender o significado que os entrevistados atribuem a questões e situações em contextos que não foram estruturados anteriormente, a partir das suposições do pesquisador.

Entrevistas demandam, segundo Martins (2008, p. 27), “habilidade do entrevistador, sendo o processo de coleta demorado e mais custoso do que, por exemplo, a aplicação de questionários”. O autor explica ainda que entrevistas podem ser estruturadas, quando dispõem de um roteiro definido de questões a serem abordadas, assim como semiestruturadas ou não estruturadas, quando ocorrem através de uma conversação livre pouco apegada a um roteiro, ou mesmo sem um roteiro previamente estabelecido.

Para este estudo de caso, foram colhidas informações sobre o processo de zinco ácido, através de entrevistas semiestruturadas realizadas com diretor, coordenador de PCP e Logística e coordenador de Qualidade e Compras. O critério, utilizado para escolha do diretor e coordenadores como entrevistados, foi o conhecimento que possuem acerca do funcionamento do processo, capaz de auxiliar na obtenção de respostas para o estudo de caso.

Martins, Mello e Turrioni (2013, p. 190) explicam que, em uma entrevista semiestruturada, “o entrevistador possui uma série de perguntas que estão em um formato mais geral e que podem variar em relação à sequência que foi elaborada no roteiro original”. Os autores acrescentam que os questionamentos são feitos de maneira aberta e podem, conforme o andamento da entrevista, ser aprofundados ou alterados. As entrevistas abordaram questões acerca de:

- *Atrasos em entregas;*
- *Retrabalho;*
- *Tempos de processo;*
- *Movimentação de funcionários;*
- *Manutenção de máquinas.*

Para compreensão do perfil dos entrevistados, foi elaborado quadro com informações acerca de suas funções, tempo de empresa e grau de escolaridade.

### Quadro 3 – Perfis dos entrevistados

Entrevistado	Cargo	Tempo de empresa	Escolaridade
E. 1	Diretor	22 anos	Ensino médio completo
E. 2	Coordenador de Qualidade e Compras	21 anos	Ensino médio completo
E. 3	Coordenador de PCP e Logística	8 anos	Ensino superior incompleto

Fonte: Elaborado pelo autor

#### 3.3.2 Questionário

Através de um questionário são obtidas respostas de natureza impessoal, que dispensam a necessidade da presença do entrevistador e que compreendem questionamentos pertinentes ao estudo de caso. Segundo Marconi e Lakatos (2017, p. 219), questionário “é um instrumento de coleta de dados constituído por uma série ordenada de perguntas, que devem ser respondidas por escrito e sem a presença do entrevistador”.

Almeida (2014, p. 62) define o questionário como “um excelente instrumento de coleta de dados, principalmente quando se busca a padronização nas perguntas e nas respostas, facilitando a tabulação dos dados”. O autor acrescenta que este tipo de instrumento pode conter perguntas abertas, que proporcionem respostas discursivas, ou fechadas, com duas ou mais alternativas para resposta.

Foi aplicado um questionário aberto como instrumento de coleta de dados neste estudo de caso, que objetivou compreender a percepção de todos os funcionários envolvidos no processo de beneficiamento de peças em zinco ácido. O questionário foi realizado, principalmente, por conta da disponibilidade de tempo menos flexível dos funcionários diretamente responsáveis pela operacionalização do processo, o que torna mais difícil a aplicação de uma entrevista.

O questionário contou com os seguintes questionamentos:

- 1- *Qual etapa do processo gera mais retrabalho?*
- 2 – *Por qual razão este retrabalho é frequente?*

3 – *Como acredita que este retrabalho pode ser minimizado?*

4 – *Qual etapa do processo necessita de mais tempo?*

5 – *Por qual razão esta etapa demanda mais tempo?*

6 – *Como acredita que este tempo pode ser minimizado?*

### 3.3.3 Observação

Segundo Silva *et al* (2012, p. 69), “a observação, como técnica de coleta de dados, permite ao pesquisador obter informações sobre a realidade dos participantes da pesquisa no próprio ambiente estudado”. Para Gil (2009) a observação traz, como principal vantagem, o fato de que os acontecimentos são percebidos pelo observador quando e onde acontecem, sem um intermediário.

Gil (2009) divide a observação em três tipos: a espontânea, a sistemática e a participante:

- A observação espontânea, por vezes chamada de observação-reportagem, ocorre sem a presença do pesquisador na “comunidade, grupo ou situação que pretende estudar” (GIL, 2009. p. 72). Desta forma, o observador assume o papel de um espectador distante, sendo adequada para a realização de estudos exploratórios.

- Na observação sistemática, adequada para estudos de caso descritivos, o pesquisador tem estabelecido um plano de observação, onde decide em que momentos, através de quais formas de registro e de que maneira organizará as informações obtidas. É uma observação que, preferencialmente, ocorre sem o conhecimento do grupo de pessoas observadas, o que torna, ainda de acordo com Gil (2009), sua utilização discutível do ponto de vista ético.

- A observação participante consiste em o pesquisador buscar inserir-se à unidade de análise que objetiva observar, tornando-se um ‘membro do grupo’. Gil (2009, p. 74) acrescenta que este tipo de observação pode ocorrer de duas maneiras, “a natural, quando o observador pertence à mesma comunidade ou grupo que investiga, e artificial, quando se integra ao grupo com o objetivo específico de realizar a observação”. O pesquisador deverá decidir, ainda, se revelará para os membros daquele grupo que está realizando o estudo.

Marconi e Lakatos (2017) argumentam haver um quarto tipo de observação, a ‘não participante’, que ocorre quando o pesquisador está em contato com o grupo,

comunidade ou realidade estudada, porém, não interage com os acontecimentos. As autoras definem esta observação como ‘espectadora’ e acrescentam que o caráter desta observação “não quer dizer que a observação não seja consciente, dirigida, ordenada para um fim determinado. O procedimento tem caráter sistemático.” (MARCONI e LAKATOS, 2017, p. 210).

Para o autor Almeida (2014, p. 65), a observação é uma etapa comumente negligenciada por estudantes de graduação, que “imaginam ser possível apenas chegar ao ambiente a ser estudado (uma organização, por exemplo), olhar tudo o que se encontra ao redor, e depois fazer os registros com base em sua memória”.

Objetivando a realização de uma observação adequada, o autor sugere que, primeiramente, seja realizada análise que identifique variáveis possíveis de se obter através da observação. Após isso, recomenda desenvolver um roteiro impresso de observações que serão realizadas, reservando um espaço para anotações que ocorram durante a observação, a fim de não perder informações. Por último, sugere que seja solicitada permissão para fotografar e filmar o ambiente, objetivando facilitar o registro.

Para este estudo de caso, foi realizada a observação não participante das etapas do processo produtivo de beneficiamento de peças em zinco ácido *in loco*, visando a compreensão da totalidade deste processo. Posteriormente, através de olhar crítico e munido de informações prévias, obtidas em entrevistas com funcionários de chefia e, também, através do questionário aplicado aos funcionários do setor, buscou-se compreender onde estão as principais causas para os problemas encontrados no processo.

### 3.3.4 Documentos

A consulta a documentos é, segundo Gil (2009, p. 76), “imprescindível em qualquer estudo de caso”. O autor argumenta que a análise documental é ponto de partida para a obtenção de informações que poderão auxiliar, por exemplo, na execução das etapas de observação e entrevista.

Para Flickr (2012), a análise de documentos pode compreender a utilização de materiais existentes que não tenham sido utilizados como dados em outros contextos, assim como “conjuntos de dados existentes de outros contextos – como estatísticas oficiais que foram produzidas não para pesquisa, mas para propósitos de

documentação” (FLICKR, 2012, p. 124). O autor define a análise deste tipo de documento como ‘análise secundária’, por compreender dados não obtidos para a realização do projeto de pesquisa.

Gil (2009, p. 76) classifica os tipos de documentos passíveis de análise em documentos pessoais, administrativos, materiais publicados em jornais ou revistas, publicações de organizações, documentos disponibilizados pela internet, registros cursivos e artefatos físicos e vestígios. Abaixo estão explicados alguns destes documentos.

- Documentos pessoais: correspondem, desde documentos como carteira profissional e título de eleitor, até diários e autobiografias;
- Documentos administrativos: dados de arquivo das empresas estão entre os dados mais importantes na constituição de um estudo de caso, porém, o acesso a estas informações, assim como aos documentos pessoais, está condicionado à autorização prévia;
- Publicações: diversas empresas modernas geram publicações como maneira de dialogar com seu público. Gil (2009, p. 78) resume tipos possíveis de publicações como “comunicados acerca de seus serviços, prospectos, catálogos de produtos, informações acerca de sua utilização e muitas outras publicações publicitárias”. Pode compreender, também, informações acerca da empresa publicadas por terceiros.
- Documentos disponibilizados pela internet: Diversas empresas disponibilizam sites capazes de fornecer informações que sejam úteis para o estudo de caso. São, porém, informações institucionais, com objetivo principal de divulgação da marca.
- Artefatos e traços materiais: Por artefatos, o autor exemplifica máquinas, disponíveis em empresas, que façam parte de processos produtivos que sejam objeto de interesse do estudo. Por traços materiais, menciona erosões e desgastes, provenientes da ação do tempo e humana, sobre ferramentas, livros etc.

Para esta pesquisa, foram consultados documentos com informações disponíveis sobre o processo, como registros de produção e planilhas de fechamento mensal. No próximo subcapítulo será conceituada a técnica de análise de dados utilizada neste estudo de caso.

### 3.4 Técnicas de análise de dados

Após realizada a coleta de dados para utilização em um estudo de caso, Azevedo, Machado e Silva (2011) explicam haver a necessidade de que os dados sejam organizados e analisados. De acordo com as autoras, existem técnicas específicas para analisar os dados escritos, “como análise de conteúdo, análise do discurso e análise documental e técnicas destinadas a análise de dados numéricos” (AZEVEDO, MACHADO e SILVA, 2011, p. 84).

Por esta se tratar de uma pesquisa qualitativa, foi realizada uma análise qualitativa dos dados, que implica em, de acordo com Sampieri, Collado e Lucio (2013) organizar, transcrever quando necessário e codificar os dados obtidos. Segundo estes autores (2013, p. 414) esta codificação ocorre em dois níveis, “do primeiro são geradas unidades de significado e categorias. Do segundo surgem temas e relações entre conceitos. No final produzimos a teoria baseada nos dados”.

No próximo item será explicada a análise de conteúdo, utilizada para lidar com os dados provenientes da etapa de coleta de dados.

#### 3.4.1 Análise de conteúdo

A análise de conteúdo é uma técnica de análise, escolhida para aplicação neste estudo de caso por orientar a interpretação e, posteriormente, demonstração dos dados obtidos, que busca “descrever de forma objetiva, sistemática e qualitativa o conteúdo manifesto da comunicação” (GIL, 2017, p. 61). A ‘comunicação’ pode compreender conteúdo “publicado em jornais e revistas, poemas, discursos, cartas e material disponível em sites institucionais. Pode ser utilizada também para análise do conteúdo de entrevistas e depoimentos” (GIL, 2009, p. 98). De acordo com Bardin (2014), a análise de conteúdo se subdivide em três etapas, descritas a seguir:

- a. pré-análise;
- b. a análise do material;
- c. o tratamento dos resultados.

A pré-análise corresponde à fase de organização, que objetiva “tornar operacionais e sistematizar as ideias iniciais, de maneira a conduzir um esquema preciso do desenvolvimento das operações sucessivas, num plano de análise” (BARDIN, 2014, p. 121). Nesta etapa acontece o primeiro contato com conteúdos

que, posteriormente, após serem selecionados caso possuam relevância, serão analisados. Para este estudo de caso foram consultados diversos conteúdos, relacionados ao processo de banho em zinco ácido e à empresa XYZ, que foram aproveitados, ou não, conforme capacidade de elucidar os questionamentos propostos neste trabalho.

A análise do material constitui, de acordo com (Silva et al, 2012, p.74) “uma fase longa e cansativa, que tem como objetivo administrar sistematicamente as decisões tomadas na pré-análise”. É nesta análise que ocorre a codificação dos dados brutos, obtidos durante a realização da etapa de coleta de dados da pesquisa. Para a realização desta etapa, Azevedo, Machado e Silva (2011) sugerem a categorização dos dados, de maneira a agrupá-los conforme apresentem semelhanças. Gil (2009) define que a codificação ocorre através de uma leitura, atenta, de todas as entrevistas, documentos e registros selecionados, de maneira a atingir familiarização com os temas e obter uma visão global de todo o conteúdo de interesse.

Uma das maneiras de proceder com esta codificação é, de acordo com Gil (2009, p. 101) através da “via dedutiva”. O autor explica que, desta maneira, “os códigos são definidos a partir de conceitos identificados nas questões de pesquisa, nos objetivos ou no arcabouço teórico”. Gil (2009) acrescenta que este é um procedimento muito comum em pesquisas fundamentadas teoricamente, e que a codificação pode se dar através da utilização das variáveis da pesquisa, como quantidade, característica, magnitude etc. Há também a possibilidade de orientar a codificação dedutiva através de seis aspectos comuns a qualquer pesquisa social:

1. Atos – Ações desenvolvidas em um intervalo curto de tempo (segundos, minutos, horas);
2. Atividades - Ações desenvolvidas em um intervalo maior de tempo (dias, meses, anos);
3. Significados – Verbais ou não verbais, que direcionam os atos e atividades; Outra maneira possível é a da “via indutiva”;
4. Participação – Envolvimento com uma situação em estudo;
5. Relacionamentos – Relações simultâneas entre pessoas;
6. Situações – As unidades de análise de um estudo.

Por fim, o tratamento dos dados consiste em extrair “dados válidos e significativos” dos resultados brutos obtidos através da etapa de análise (AZEVEDO, MACHADO e SILVA, 2011, p. 87). Para isso, o autor Bardin (2014, p. 127) exemplifica

que “operações estatísticas simples (percentagens), ou mais complexas (análise fatorial), permitem estabelecer quadros de resultados, diagramas, figuras e modelos, os quais condensam e põem em relevo as informações fornecidas pela análise”.

No subcapítulo a seguir será descrita a análise por categorização, complementar à análise de conteúdo.

### 3.4.2 Categorias de análise

Objetivando facilitar a análise dos dados colhidos em um estudo de caso, Bardin (2014) sugere a criação de categorias de análise, que são, de acordo com o autor “rubricas ou classes, as quais reúnem um grupo de elementos (unidades de registro, no caso de análise de conteúdo) sob um título genérico, agrupamento esse efetuado em razão das características comuns deste elementos” (BARDIN, 2014, p. 145). Ainda segundo este autor, o critério para a categorização dos dados pode ser:

**Semântico:** categorias temáticas, por exemplo, todos os temas que significam ansiedade ficam agrupados numa categoria, e os temas que significam descontração em outra;

**Sintático:** verbos e adjetivos;

**Léxico:** classificação de palavras conforme seu sentido, emparelhando sinônimos e sentidos próximos;

**Expressivo:** por exemplo, categorias que classificam as diversas perturbações da linguagem.

Para este trabalho, foram criadas categorias baseadas nos objetivos específicos estabelecidos para o estudo de caso, que contaram com elementos de análise pertinentes, obtidas através das técnicas de coleta de dados, escolhidas previamente. A categorização está demonstrada no quadro 4.

### Quadro 4 – Categorias de análise

Objetivos específicos	Categoria de análise / autores principais	Elementos de análise	Técnicas implementadas
Identificar as etapas do processo de banho em zinco alcalino	<b>Processo produtivo</b>	Etapa 1	Observação
	Slack <i>et al</i> (2018)	Etapa 2	Documentos
	Martins e Laugeni (2010)	Etapa 3	
	Corrêa e Gianesi (2012)	Etapa (...)	
Identificar etapa gargalo do processo produtivo zinco alcalino	<b>O gargalo de produção</b>	Desempenho do gargalo	Observação
	Goldratt e Cox (2002)	Relação do gargalo com etapa anterior	Documentos
	Antunes <i>et al</i> (2008)	Relação do gargalo com etapa seguinte	Entrevistas
	Cox e Schleier (2013)		Questionário
Apontar as razões para este gargalo e seus impactos para o processo	<b>Causas e efeitos do gargalo</b>	Planejamento	Documentos
	Goldratt e Cox (2002)	Ociosidade	Entrevistas
	Corrêa e Corrêa (2017)	Atrasos	Questionário
	Moreira (2011)	Retrabalho	
Apontar possíveis alternativas para a otimização ou eliminação do gargalo.	<b>Alternativas para o gargalo</b>	Índices de retrabalho	Análise de conteúdo
	Goldratt e Cox (2002)	Índices de satisfação dos clientes	Análise de documentos
	Antunes <i>et al</i> (2008)		
	Monden (2015)		

Fonte: Elaborado pelo autor

No subcapítulo a seguir será descrita a análise documental, importante para lidar com os documentos analisados ao longo deste estudo de caso.

#### 3.4.3 Análise documental

A análise de documentos consiste, de acordo com Bardin (2014, p. 47) em uma “operação ou um conjunto de operações visando representar o conteúdo de um documento sob uma forma diferente da original a fim de facilitar num estado ulterior, a sua consulta e referência”. Esta análise foi realizada, neste trabalho, por conta da quantidade de documentos passíveis de observação ao longo desta pesquisa, que demandaram posterior análise para que fossem, então, extraídas informações que servissem para elucidar a questão de pesquisa.

A análise documental foi feita de maneira complementar à análise de conteúdo, que, embora apresente algumas semelhanças na forma como lida com os dados obtidos através da coleta, possui diferenças importantes. Richardson (2017) elucida algumas destas diferenças:

- a análise documental trabalha com os documentos, a de conteúdo com as mensagens;
- a análise documental é essencialmente temática, sendo esta apenas uma das técnicas utilizadas pela análise de conteúdo;

- a análise documental objetiva determinar fielmente fenômenos sociais, enquanto a análise de conteúdo buscar manipular mensagens e testar indicadores que “permitam inferir sobre uma realidade diferente daquela da mensagem”. (Richardson, 2017, p. 248).

A análise de documentos proporciona a conversão de dados brutos, obtidos de um documento primário, em um documento secundário, que serve para representar o primeiro de maneira direta e sintetizada, fazendo uso, possivelmente, de “resumos ou *abstracts* (sínteses do documento segundo certas regras); ou a indexação, que permite, por classificação em palavras-chave, descritores ou índices, classificar os elementos de informação dos documentos” (Bardin, 2014, p. 47). No próximo subcapítulo, estão descritas as limitações do método utilizado para a realização deste estudo de caso.

### **3.5 Limitações do método**

Este subcapítulo tratará das limitações decorrentes da metodologia aplicada no estudo de caso, e das ferramentas utilizadas para a obtenção de dados necessários para a realização deste tipo de estudo.

#### **3.5.1 Estudo de caso**

Sobre as limitações encontradas na realização de um estudo de caso, Gil (2017) explica que, embora sua crescente utilização nas ciências sociais, o estudo de caso sofre diversas objeções à sua aplicação por conta de fatores como, por exemplo, a “falta de rigor metodológico, pois, diferentemente do que ocorre com os experimentos e levantamentos, para a realização de estudos de caso não são definidos procedimentos metodológicos rígidos” (GIL, 2017, p. 34). Ainda de acordo com Gil, esta falta de rigor metodológico faz com que ocorram ‘vieses’ (como o do autor), que podem comprometer os resultados do estudo de caso.

O autor Martins (2008, p. 95) acrescenta não haver a possibilidade de realizar “inferências, generalizações a partir dos resultados” obtidos através do estudo. Esta limitação se dá por conta do propósito principal do estudo de caso, que é o de

“descrever intrinsecamente as características de um fenômeno” (GIL, 2009, p. 18), impossibilitando assim a generalização do conhecimento adquirido. Para Gil (2009) os estudos de caso são, também, de difícil replicação, uma vez que os instrumentos utilizados para a coleta de dados não são padronizados, o que dificulta sua replicabilidade em outros contextos.

### 3.5.2 Entrevista

A entrevista traz, como possível limitação, o ‘viés do entrevistado’, isto é, percepções deste acerca do tema proposto, que possam partir de uma má interpretação dos fatos, falha na memória ou mesmo de uma tentativa de autopreservação, evitando reconhecer eventuais falhas ou provendo respostas falsas que visem evitar “conflitos pessoais e/ou profissionais” (CASTRO, 2019, p. 185).

Pode haver, ainda, dificuldade do entrevistado na compreensão das perguntas realizadas. Há também dependência completa da motivação ou conhecimento do entrevistado, para prover respostas que sejam suficientemente relevantes para utilização no estudo de caso.

### 3.5.3 Observação

A observação, como técnica de coleta de dados, apresenta uma série de limitações, conforme Marconi e Lakatos (2017):

- a) O observado tende a criar impressões positivas ou negativas no observador;
- b) Ocorrências espontâneas não podem ser previstas e, por esta razão, podem não ser presenciadas pelo observador;
- c) Fatores imprevistos podem interferir na observação;
- d) A ocorrência dos acontecimentos é variável, pode durar pouco, muito e pode ocorrer de maneira simultânea, dificultando a coleta de todos os dados relevantes;
- e) Alguns aspectos de interesse poderão não estar acessíveis ao pesquisador.

#### 3.5.4 Documentos

A utilização de documentos em um estudo de caso também detém uma série de limitações, Gil (2009) argumenta que a indiferença dos pesquisadores aos dados já disponíveis faz com que desenvolvam seus próprios documentos, e subestimem os que foram elaborados fora da realização da pesquisa. Esta indiferença parte da dificuldade de encontrar documentos que sirvam o exato propósito da pesquisa, que estejam estruturados de maneira clara e que possam ser interpretados e reproduzidos pelo pesquisador corretamente.

Ainda sobre a utilização de documentos, o autor Gil (2009, p. 80) acrescenta que “não deve ser desconsiderado o problema da autenticidade e da precisão dos documentos. Mesmo os documentos oficiais, que a princípio poderiam ser considerados mais fidedignos, também podem apresentar falhas”. O autor ressalta que estas falhas são praticamente impossíveis de serem identificadas pelo pesquisador, que estará sujeito a reproduzir estas informações equivocadas em sua pesquisa.

No capítulo seguinte estão descritos a empresa e o processo analisado neste estudo de caso.

## 4 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo será apresentada a empresa XYZ, responsável pelo processo observado neste estudo de caso e, posteriormente, será detalhado o beneficiamento de peças em zinco ácido, objeto de estudo deste trabalho.

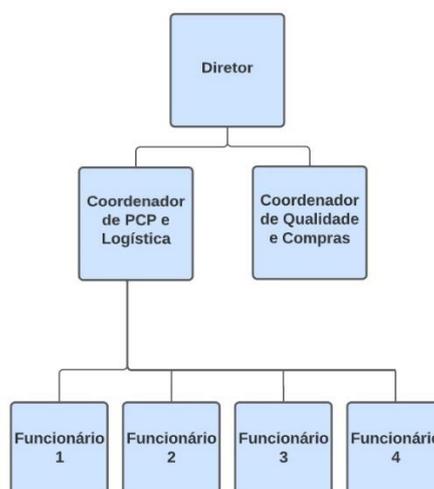
### 4.1 A Empresa

A empresa XYZ, localizada na cidade de São Leopoldo/RS, realiza beneficiamento de peças de metal através de processos de zincagem, niquelagem, fosfatização e oxidação negra. Atuante neste mercado há mais de duas décadas, sua história iniciou-se a partir do sonho empreendedor de seu fundador que, após anos como funcionário de uma metalúrgica, localizada na cidade de São Leopoldo, decidiu ter seu próprio negócio.

Fundada em 2000, iniciou suas atividades em um pequeno terreno, de 400 m<sup>2</sup>, pertencente a seu fundador, com apenas 3 funcionários. Com o tempo, passou a atender diversos clientes da cidade e região, razão pela qual, em 2013, expandiu suas instalações para um novo terreno, de 4000 m<sup>2</sup>. A empresa presta, atualmente, serviços para empresas dos ramos moveleiro, construção civil, calçadista, agrícola, automotivo, máquinas e equipamentos.

Conta, atualmente, com 15 funcionários, divididos entre os diferentes tipos de processos de beneficiamento, além de cargos de supervisão e chefia. Está estruturada de acordo com a figura 8:

**Figura 8** – Organograma da empresa



Fonte: Elaborado pelo Autor

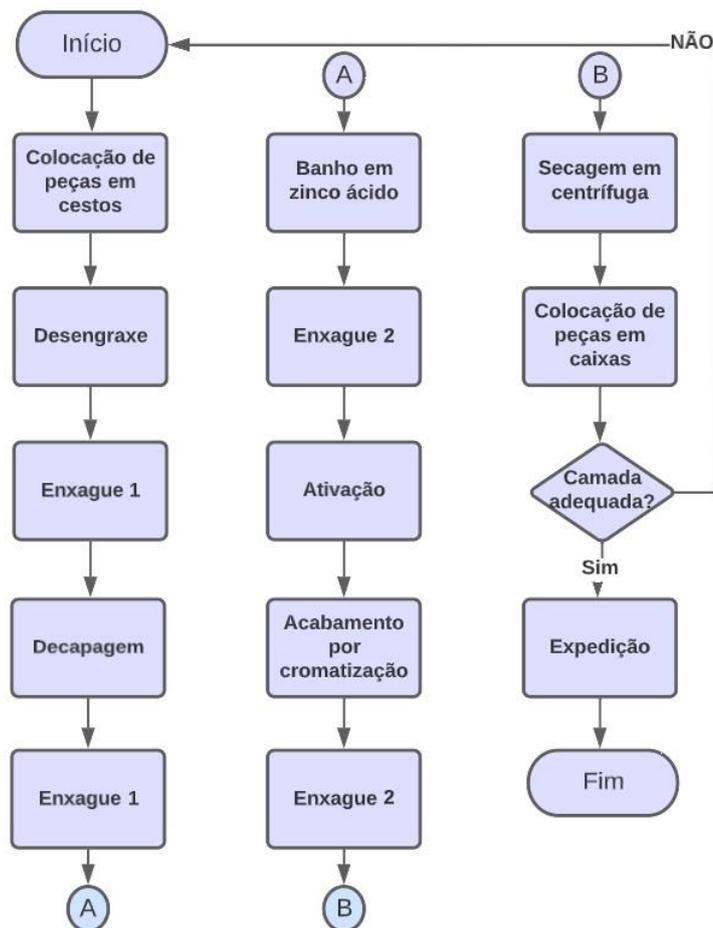
No subcapítulo a seguir está descrito o processo de beneficiamento de peças em zinco ácido.

## 4.2 O Processo

O processo escolhido para este estudo de caso consiste no beneficiamento de peças de metal, através de imersão em zinco ácido. O processo se divide nas etapas de colocação das peças em cestos, imersão dos cestos nos tanques de limpeza (desengraxe e decapagem), posterior imersão das peças no banho em zinco ácido em rotativos e, finalmente, aplicação do acabamento cromatizado, na cor escolhida pelo cliente.

Após isso, as peças são despejadas nas caixas onde estavam originalmente armazenadas, e então têm sua camada de zinco testada, para decisão entre enviá-las ao cliente ou realizar retrabalho. 4 funcionários são encarregados do processo, demonstrado na figura 9:

**Figura 9 – Fluxograma do processo**



Fonte: Elaborado pelo Autor

O papel de cada funcionário no processo está demonstrado no quadro 5:

**Quadro 5 – Funcionários e etapas**

Responsável	Etapas
Funcionário 1	Colocação das peças em cestos;
	Posicionamento dos cestos no tanque para desengraxe;
	Busca de cestos vazios.
Funcionário 2	Deslocamento dos cestos entre os tanques de desengraxe, decapagem e enxague;
	Carregamento dos rotativos com peças;
	Esvaziamento das peças nos rotativos em cestos metálicos e envio para acabamento.
Funcionário 3	Posicionamento e retirada dos cestos metálicos em tanques para enxague, ativação e cromatização;
	Posicionamento e retirada dos cestos metálicos nas centrífugas;
	Esvaziamento dos cestos metálicos em caixas para devolução das peças;
	Envio de cestos metálicos vazios de volta à linha.
Funcionário 4	Posicionamento e retirada dos cestos metálicos nas centrífugas;
	Esvaziamento dos cestos metálicos em caixas para devolução das peças;
	Envio de cestos metálicos vazios de volta à linha;
	Inspeção e medição de camada das peças finalizadas.

Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.2.1 Descrição das etapas

**Colocação de peças em cestos** – Esta é a etapa que dá início ao processo de beneficiamento de peças em zinco ácido. O funcionário responsável retira as peças das caixas ou funis em que são entregues pelos clientes, e as despeja dentro dos cestos tipo 1 (t-1), de polipropileno, nos quais irão para os processos de limpeza (desengraxe e decapagem). Estes cestos são enviados em grupos de 7 para as etapas de limpeza, comportando em média 20 kg de peças por cesto.

**Desengraxe** – Nesta etapa ocorre o primeiro processo de limpeza, os cestos t-1 com peças são imersos em um tanque com desengraxante químico, para remoção de gorduras e outras impurezas depositadas sobre as peças, que possam prejudicar o processo, posterior, de banho em zinco ácido.

**Enxagues** – Após os processos de limpeza, banho ácido ou cromatização, os cestos com peças (tipo 1 e tipo 2) são encaminhados para o enxague, onde permanecem até que se realize a etapa seguinte.

**Decapagem** – Esta é a segunda e última etapa de limpeza, onde ocorre a imersão dos cestos t-1 com as peças em decapante químico, para remoção de oxidação e demais impurezas presentes na superfície das peças.

**Banho de peças** – Nesta etapa ocorre o banho de peças em zinco ácido. As peças são despejadas dos cestos t-1 dentro de tambores rotativos (12 no total), onde são imersas nos tanques para realização do banho. Cada rotativo é carregado e descarregado individualmente, seguindo uma sequência numérica, do primeiro ao último. Apenas ao início do primeiro banho de cada turno os rotativos se encontram vazios. Após a finalização do banho, as peças são despejadas em cestos tipo 2 (t-2) e enviadas para a próxima etapa, enquanto os rotativos são novamente carregados com peças provenientes de cestos t-1, para o início de um novo banho.

**Ativação** – Nesta etapa, as peças em cestos t-2 são preparadas para receber acabamento cromatizado sobre sua superfície, através da imersão em um tanque para ativação ácida.

**Acabamento por cromatização** – Nesta etapa, as peças em cestos t-2 são imersas em um tanque para recebimento de acabamento cromatizado, conforme a escolha do cliente dentre as três opções disponíveis (amarelo, verde ou branco).

**Secagem** - Após a realização do acabamento, as peças em cestos t-2 são levadas para secagem em centrífuga.

**Colocação das peças em caixas** – Nesta etapa, as peças são devolvidas dos cestos t-2 às caixas em que foram recebidas do cliente, para posterior devolução.

**Inspeção** – Nesta etapa é realizada inspeção por julgamento, em que é colhida amostra de peças para a realização da medição de camada de zinco, para conferir se estão em conformidade com a camada solicitada pelo cliente. Caso estejam com a

camada adequada, são devolvidas às caixas, caso não estejam, são reencaminhadas para o início do processo.

**Expedição** – Quando finalizadas, as peças são levadas ao setor de expedição pelos funcionários responsáveis por aquele setor.

Na fotografia 1 estão demonstradas as linhas de banho em rotativos (à esquerda) e limpeza de peças por desengraxe, decapagem e enxague (à direita).

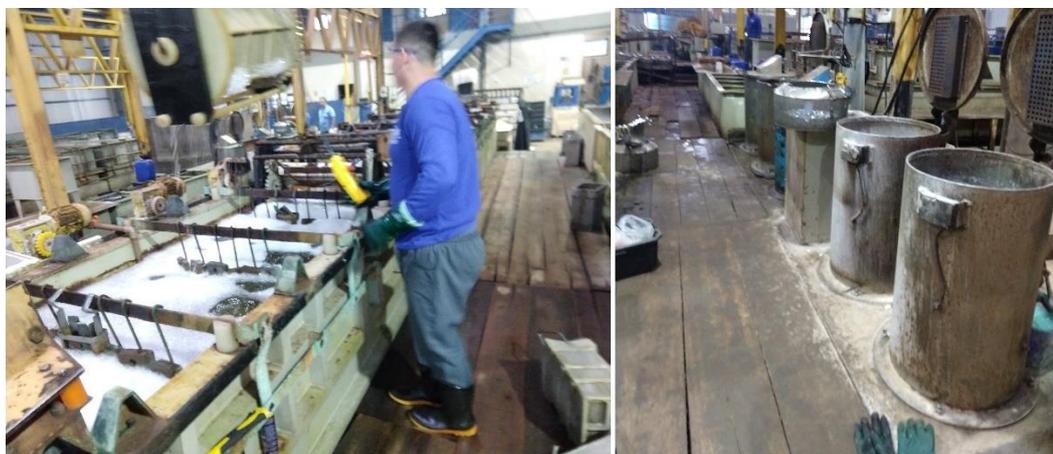
**Fotografia 1** – Linhas de banho e limpeza



Fonte: Registrada pelo autor

Na fotografia 2 estão demonstrados o posicionamento do funcionário operador de banho e a linha de acabamento, onde estão localizadas as centrífugas para secagem de peças e os tanques para cromatização (ao fundo).

**Fotografia 2** – Funcionário operador de banho e linha de acabamento



Fonte: Registrada pelo autor

#### 4.2.2 Desempenho do processo e capacidade

Para melhor compreensão do processo, foi realizada observação individual de etapas e contagem de tempos, para auxílio na identificação da etapa gargalo, objetivo central deste trabalho. As observações do processo nesta etapa ocorreram ao longo de 19 turnos de 4h. Os tempos médios de cada etapa e capacidade estão listados a seguir:

**Colocação de peças em cestos** - Esta etapa transcorre em um tempo médio de 12 minutos, tendo capacidade de envio de até 7 cestos t-1 com peças por vez, processa até 35 cestos por hora. É influenciada pela disponibilidade de cestos (um total de 60), que são buscados pelo funcionário responsável após o carregamento dos rotativos, assim como a disponibilidade de peças para envio. Para agilizar o expediente do dia seguinte, são deixados, em média, 7 cestos preparados para envio imediato ao desengraxante no dia seguinte. Tem como capacidade total diária a realização de 45 ciclos de envios de peças, de até 315 cestos t-1, considerando um cenário de uso de 100% de sua capacidade durante o expediente de 9 horas. A etapa foi acompanhada ao longo de 3 turnos, totalizando 12 horas.

**Desengraxe** - Esta etapa transcorre em um tempo médio de 37,5 minutos, com espaço para recebimento de até 21 cestos t-1 com peças por vez, processa até 33,6 cestos por hora. Por se tratar da etapa mais demorada de limpeza, ao final do expediente são deixados, em média, 14 cestos t-1 já imersos no processo de desengraxe, para avanço imediato à próxima etapa no dia seguinte. Tem como capacidade total diária a realização de 14,4 ciclos de desengraxe, de até 302,4 cestos com peças, considerando um cenário de uso de 100% de sua capacidade durante o expediente de 9 horas. A etapa foi acompanhada junto à etapa de enxague 1, ao longo de 4 turnos, totalizando 16 horas.

**Enxague 1** - Esta etapa transcorre em um tempo médio de 5 minutos, com capacidade para recebimento de até 14 cestos t-1 com peças por vez, processa até 168 cestos por hora. O tempo deste enxague é o mais variável dentre as etapas do processo, está condicionado, na maior parte do tempo, à disponibilidade da etapa seguinte. Tem como capacidade total diária a realização de 108 ciclos de enxague, de até 1512

cestos com peças, considerando um cenário de uso de 100% de sua capacidade durante o expediente de 9 horas. A etapa foi acompanhada junto à etapa de desengraxe, ao longo de 4 turnos, totalizando 16 horas.

**Decapagem** - Esta etapa transcorre em um tempo médio de 22,5 minutos, com espaço para recebimento de até 21 cestos t-1 com peças por vez, processa até 56 cestos por hora. Seu tempo de operação se encerra 1 hora antes do fim do expediente diário, quando se inicia o último carregamento dos rotativos para banho. Esta situação ocorre pois, após a decapagem, há a necessidade de envio imediato das peças ao banho, para que o decapante ácido não continue agindo sobre a superfície da peça, de maneira que possa danificá-la. Tem como capacidade total diária 21,33 ciclos de decapagem, de até 447,99 cestos com peças, considerando um cenário de uso de 100% de sua capacidade durante o expediente de 8 horas. A etapa foi observada ao longo de 4 turnos, totalizando 16 horas.

**Banho em zinco ácido** – Esta etapa transcorre em um tempo médio de 35 minutos, com capacidade para recebimento de até 12 cestos de peças t-1 por vez, processa até 20,57 cestos por hora. É carregado pela última vez por volta de 1 hora antes do encerramento do turno, de maneira que haja tempo hábil para a realização das posteriores etapas de acabamento. Tem como capacidade total diária 15,43 ciclos de banho, em 185,14 cestos t-1 com peças, considerando um cenário de uso de 100% de sua capacidade durante o expediente de 9 horas. A etapa foi acompanhada ao longo de 5 turnos, totalizando 20 horas.

**Enxague 2** - Esta etapa transcorre em um tempo médio de 1 minuto, com capacidade para recebimento de até 2 cestos t-1 com peças por vez, processa até 120 cestos por hora. Tem como capacidade total diária a realização de 540 ciclos de enxague, em 1080 cestos t-2 com peças, considerando um cenário de uso de 100% de sua capacidade durante o expediente de 9 horas. A etapa foi acompanhada junto às etapas de ativação, cromatização e secagem, ao longo de 3 turnos, totalizando 12 horas.

**Ativação** - Esta etapa transcorre em um tempo médio de 0,5 minuto, com capacidade para recebimento de até 1 cesto t-2 por vez, processa até 120 cestos por hora. Tem

como capacidade total diária a realização de 1080 ciclos de ativação, em 1080 cestos t-2 com peças, considerando um cenário de uso de 100% de sua capacidade durante o expediente de 9 horas. A etapa foi acompanhada junto às etapas de enxague 2, cromatização e secagem, ao longo de 3 turnos, totalizando 12 horas.

**Cromatização** - Esta etapa transcorre em um tempo médio de 1 minuto, com capacidade para recebimento de até 1 cesto t-2 por vez, processa até 60 cestos por hora. Tem como capacidade total diária a realização de 540 ciclos de ativação, em 540 cestos t-2 com peças, considerando um cenário de uso de 100% de sua capacidade durante o expediente de 9 horas. A etapa foi acompanhada junto às etapas de enxague 2, ativação e secagem, ao longo de 3 turnos, totalizando 12 horas.

**Secagem** – Esta etapa transcorre em um tempo médio de 4 minutos, tendo capacidade para recebimento de até 5 cestos t-2 por vez, processa até 75 cestos por hora. Tem como capacidade total diária a realização de 135 ciclos de secagem, em 675 cestos t-2 com peças, considerando um cenário de uso de 100% de sua capacidade durante o expediente de 9 horas. A etapa foi acompanhada junto às etapas de enxague 2, ativação e cromatização, ao longo de 3 turnos, totalizando 12 horas.

No quadro 6 estão sintetizados os resultados obtidos após a observação das etapas.

**Quadro 6 – Desempenho do processo e capacidade**

Etapa	Tempo médio (min.)	Capacidade envio/receb	Proces. cestos (hr.)	Total ciclos (dia)	Total cestos (dia)
Cestos	12	7	35	45	315
Desengraxe	37,5	21	33,6	14,4	302,4
Enxague 1	5	14	168	108	1512
Decapagem	22,5	21	56	21,33	447,99
Banho	35	12	20,57	15,43	185,14
Enxague 2	1	2	120	540	1080
Ativação	0,5	1	120	1080	1080
Cromatização	1	1	60	540	540
Secagem	4	5	75	135	675

Fonte: Elaborado pelo autor

No próximo capítulo serão discutidos os resultados obtidos através das medições de performance do processo e, também, através aplicação da metodologia de coleta de dados.

## 5 ANÁLISE E PROPOSTAS DE MELHORIA

Neste capítulo serão discutidos os resultados obtidos através das etapas observadas do processo de beneficiamento de peças em zinco ácido, bem como a observação de documentos, entrevistas e questionários.

### 5.1 Análise do processo

O processo de beneficiamento de peças em zinco ácido costuma ser o mais problemático dentre os processos realizados na empresa, de acordo com opiniões dos 3 funcionários de chefia entrevistados. Nos itens a seguir estão descritos estes problemas, divididos entre etapas e identificados através das entrevistas e questionários aplicados, bem como observação *in loco* não participante. Etapas não mencionadas neste capítulo não foram consideradas relevantes para análise, após observação e a realização das entrevistas e questionários.

#### 5.1.1 Colocação de peças em cestos

Esta é a etapa que representa maior esforço físico dentre todas no processo, por demandar do funcionário responsável repetido levantamento de caixas com peças, algumas dessas com peso de até 30 kg. Somado a isto, há também a necessidade de deslocamento constante, para busca de pallets com peças novas ou busca de cestos vazios, para posterior carregamento com peças e envio para a linha.

Através da observação *in loco* foi possível identificar algumas ações do funcionário responsável que podem prejudicar o processo:

- Demora ao buscar os cestos vazios após carregamento dos rotativos, que ficam jogados próximos ao local de carregamento dos rotativos: Esta ação provoca um acúmulo de cestos que dificulta a movimentação do operador dos banhos, que por vezes precisa interromper seu trabalho para tirar do caminho os cestos jogados próximos ao seu local de trabalho;
- Funcionário não cumpre a recomendação de deixar a capacidade total do desengraxante ocupada para o próximo dia: Esta ação provoca a subutilização do

desengraxante e, conseqüentemente, do decapante já ao início do expediente, gerando uma perda desnecessária de produtividade;

- Funcionário deixa apenas 7 cestos com peças prontas para envio imediato à primeira operação de limpeza no dia seguinte: Esta ação faz com que o desengraxante não seja utilizado em sua plena capacidade ao início do expediente, assim que é esvaziado dos cestos deixados para desengraxe no dia anterior. Com a chegada de apenas 7 cestos, o desengraxante é aproveitado em 33,33% de sua capacidade.

Na fotografia 3, imagem do cesto utilizado para as etapas de limpeza.

**Fotografia 3** – Cesto tipo 1 (polipropileno)



Fonte: Registrada pelo autor

É a etapa menos problemática dentre as discutidas, por não gerar retrabalhos. Em relação ao desempenho da etapa subsequente, de desengraxe, tem uma capacidade de processamento 4% superior, evidenciado através da comparação entre as capacidades de processamento da primeira etapa e do desengraxante, de 35 e 33,6, respectivamente.

### 5.1.2 Desengraxe

Esta etapa é apontada, em questionário por 2 dos 4 funcionários do processo, e 1 dos funcionários de chefia em entrevista, como a que mais gera retrabalho. Apontam como razões:

- Funcionário 1: Posicionamento estático das peças dentro do cesto quando imersas no desengraxante, o que inviabiliza a ação dos ativos químicos sobre a superfície de todas as peças;
- Funcionário 2: Tempo insuficiente de limpeza, e peças demais em um único cesto, dificultando o contato com os ativos químicos e, conseqüentemente, ocasionando o envio de peças ainda sujas para a próxima etapa;
- Entrevistado 2: Gera retrabalho por não realizar adequadamente a remoção de gorduras e outras substâncias das peças, inviabilizando, posteriormente, a deposição adequada de zinco sobre as superfícies das peças.

Os Funcionários 1 e 3 apontam, através do questionário, também como a etapa mais demorada. Identificam como razão:

- Peças chegam muito sujas dos clientes, demandando um processo demorado de limpeza.

Na fotografia 4, exemplo de peças devolvidas para retrabalho após inspeção:

**Fotografia 4** – Exemplo de peças não conformes



Fonte: Registada pelo Autor

Em relação ao desempenho da etapa subsequente, de decapagem, tem uma capacidade de processamento 40% inferior, evidenciado através da comparação entre as capacidades de processamento do desengraxante e do decapante, de 33,6 e 56, respectivamente.

### 5.1.3 Decapagem

Esta etapa é, de acordo com o Funcionário 3 do processo, a que mais gera retrabalho. Este funcionário aponta, como principais razões:

- A restrição de tempo para a permanência das peças neste processo de limpeza (por volta de 50 minutos), por conta da presença de ácido sulfúrico capaz de danificar as peças;
- Quantidade de peças dentro dos cestos de limpeza, dificultando o contato com o ácido decapante.

Conforme Fassio (2020), decapagem ácida é o processo de remover, de uma superfície metálica, produtos da corrosão, como óxidos, através de ação ácida.

Na figura 10, exemplo da ação do ácido decapante sobre a superfície de peças metálicas:

**Figura 10** – Decapagem, antes e depois



Fonte: FASSIO (2020)

Em comparação ao desempenho da etapa subsequente, de banho em zinco ácido, o decapante tem capacidade de processamento 172% superior, evidenciado através da comparação entre as capacidades de processamento do decapante e do banho em zinco ácido, de 56 e 20,57, respectivamente.

#### 5.1.4 Banho em zinco ácido

O banho de peças em zinco ácido é apontado pelo Funcionário 4 como a etapa que mais gera retrabalho do processo. Aponta como razões:

- A necessidade de deposição de camada em acordo com as especificações do cliente;
- A quantidade excessiva de peças dentro dos tambores rotativos;
- Sujeira ainda presente na superfície de algumas peças ao início do processo de banho, tornando-o incapaz de realizar um banho de peças homogêneo.

**Fotografia 5** – Exemplo de deposição de camada insuficiente



Fonte: Registrada pelo Autor

Através da observação *in loco* foi possível perceber inconsistências no banho de peças, decorrentes de erros do operador, tais como:

- Descuido no controle dos tempos de banho, por vezes solicitando auxílio de terceiros para identificação do tempo já decorrido e a hora de retirada dos rotativos;
- Descuido na retirada dos rotativos para encerramento dos banhos, por vezes solicitando auxílio de terceiros para identificação do próximo rotativo a ser retirado do tanque;

- Erro na realização de banho de peças idênticas, identificado por cronometragem dos tempos de dois ciclos diferentes de banho, que demonstraram variações consideradas inaceitáveis pelo controle de qualidade da empresa.
- De acordo com o diretor da empresa (Entrevistado 1), a inconsistência nos tempos de banho de peças, por vezes bastante perceptível através da observação visual, compromete financeiramente a XYZ, por conta do desperdício de insumos através de tempos demasiadamente prolongados de banho ou, ainda, por banhos insuficientes que demandam retrabalho.

Cronometragens estão demonstradas no quadro 7:

**Quadro 7 – Tempos de banho**

Ciclos de banho em rotativos		
Rotativo	Tempo de banho 1	Tempo de banho 2
1	00:41:10	00:27:00
2	00:41:05	00:27:05
3	00:41:10	00:27:00
4	00:41:10	00:27:40
5	00:41:00	00:27:35
6	00:40:45	00:27:15
7	00:40:25	00:29:00
8	00:40:35	00:29:30
9	00:41:05	00:28:45
10	00:39:50	00:28:10
11	00:40:05	00:27:25
12	00:40:15	00:28:10
Maior tempo de banho		00:41:10
Menor tempo de banho		00:27:00
Tempo médio de banho		00:34:18
Maior variação de tempo		00:14:10
Tempo sugerido de banho		00:30:00

Fonte: Elaborado pelo autor

Após a realização dos cálculos para identificação da capacidade produtiva das etapas (conforme Quadro 6), foi constatado que a etapa de banho de peças é a etapa com menor capacidade produtiva. Por esta razão foi feito, ao longo de 5 dias, acompanhamento deste etapa, visando a obtenção de dados para a ilustração de sua produtividade real ao longo deste período. Os dados foram colhidos através de anotações em uma tabela impressa para este propósito, e depois transcritos em uma

planilha para compilação dos dados. No quadro 8 estão ilustrados dados colhidos em uma das observações realizadas.

**Quadro 8 – Exemplo de produtividade diária**

Zinco Ácido Rotativo Linha A															
Data	Rotativo	Entrada	Saída												
10/mar	1	07:35:10	08:11:20	08:12:55	08:40:35	08:42:05	09:17:20	09:19:05	09:50:10	09:52:45	10:24:15	10:26:40	11:02:20	11:04:25	11:40:55
Turno M	2	07:37:05	08:13:05	08:15:45	08:42:20	08:43:45	09:19:20	09:21:50	09:52:50	09:54:20	10:26:50	10:29:25	11:04:35	11:06:15	11:42:30
	3	07:39:45	08:15:50	08:17:10	08:43:55	08:46:00	09:22:00	09:23:45	09:54:30	09:56:05	10:29:30	10:31:10	11:06:30	11:08:45	11:44:30
	4	07:40:45	08:17:20	08:19:25	08:46:15	08:48:35	09:23:55	09:25:35	09:56:15	09:58:40	10:31:20	10:33:45	11:08:55	11:10:55	11:47:05
	5	07:42:10	08:19:40	08:21:40	08:48:40	08:50:25	09:25:40	09:26:55	09:58:50	10:00:35	10:33:50	10:35:50	11:11:05	11:12:55	11:49:10
	6	07:45:00	08:21:50	08:23:00	08:50:35	08:52:00	09:27:05	09:29:10	10:00:40	10:02:30	10:36:00	10:38:00	11:13:00		
	7	07:46:50	08:23:10	08:25:05	08:52:20	08:54:05	09:29:20	09:31:15	10:02:40	10:04:50	10:38:15	10:40:05	11:14:55		
	8	07:48:20	08:25:10	08:27:15	08:54:10	08:55:40	09:31:30	09:33:45	10:04:55	10:07:10	10:40:15	10:42:00	11:17:05		
	9	07:49:05	08:27:30	08:29:35	08:55:50	08:57:40	09:33:50	09:35:45	10:07:10	10:09:05	10:42:10	10:44:20	11:19:30		
	10	07:51:50	08:29:45	08:31:20	08:57:50	08:59:55	09:35:55	09:38:00	10:09:20	10:11:05	10:44:30	10:46:30	11:21:50		
	11	07:53:15	08:31:30	08:33:35	09:00:10	09:02:25	09:38:10	09:40:15	10:11:15	10:13:25	10:46:40	10:48:55	11:23:55		
	12	07:55:05	08:33:50	08:35:15	09:02:30	09:03:55	09:40:30	09:42:45	10:13:30	10:16:05	10:49:00	10:50:55	11:26:40		
	Totais:	77,00													
Data	Rotativo	Entrada	Saída												
10/mar	1	13:50:55	14:21:50	14:23:15	14:51:45	14:52:50	15:20:50	15:24:45	15:51:50	15:53:30	16:23:00	16:24:10	16:59:10		
Turno T	2	13:52:15	14:23:20	14:24:30	14:52:55	14:54:45	15:24:50	15:25:50	15:53:35	15:54:35	16:24:15	16:25:35	17:14:55		
	3	13:53:25	14:24:40	14:25:40	14:54:50	14:56:00	15:26:00	15:27:00	15:54:45	15:56:10	16:25:40	16:27:05	17:01:20		
	4	13:54:55	14:25:50	14:27:00	14:56:05	14:57:05	15:27:05	15:28:05	15:56:20	15:58:30	16:27:10	16:32:15	17:02:15		
	5	13:56:25	14:27:05	14:28:15	14:57:20	14:58:35	15:28:15	15:29:40	15:58:35	15:59:35	16:32:30	16:34:50	16:53:35		
	6	13:57:40	14:28:20	14:30:40	14:58:40	15:00:05	15:29:45	15:33:50	15:59:50	16:01:40	16:34:55	16:36:15	17:05:20		
	7	13:59:25	14:30:50	14:32:05	15:00:10	15:01:40	15:33:55	15:35:20	16:01:45	16:03:00	16:36:20				
	8	14:00:40	14:32:10	14:33:30	15:01:50	15:03:10	15:35:25	15:36:45	16:03:10	16:08:10	16:37:25				
	9	14:02:30	14:33:35	14:34:50	15:03:20	15:04:45	15:36:55	15:38:20	16:08:20	16:09:40	16:38:30				
	10	14:05:30	14:35:00	14:36:45	15:04:50	15:06:20	15:38:25	15:39:05	16:09:45	16:11:45	16:39:50				
	11	14:07:15	15:06:30	15:08:30	15:41:20	15:42:50	16:11:55	16:14:50	17:06:40						
	12	14:10:40	14:37:10	14:38:50	15:08:45	15:10:20	15:43:50	15:46:05	16:15:10	16:16:55	17:07:50				
	Totais:	65,00													

Fonte: Elaborado pelo autor

Na data observada foram realizados, no turno da manhã (de 5h), 7 ciclos de banho, em um total de 77 cargas de peças advindas de cestos t-1. No turno da tarde (de 4h) foram realizados 6 ciclos de banho, em um total de 65 cargas. A produção diária foi de 13 ciclos de banho, em 142 cargas de peças.

Ao longo da semana analisada foram observadas as médias demonstradas no quadro 9:

**Quadro 9 – Médias diárias**

Média de ciclos de banho no turno da manhã	7
Média de ciclos de banho no turno da tarde	6
Média diária de ciclos de banho	13
Média de cargas realizadas no turno da manhã	74,2
Média de cargas realizadas no turno da tarde	64,2
Média diária de cargas realizadas	138,4

Fonte: Elaborado pelo autor

### 5.1.5 Inspeção

A etapa de inspeção ocorre assim que é finalizada a secagem das peças em centrífugas. Inicialmente, as peças são analisadas visualmente pelo funcionário responsável através de uma inspeção por julgamento e, caso estejam com aparência homogênea, são colhidas amostras para medição de camada. Caso as amostras estejam não-conformes, são devolvidas ao funcionário responsável pelo início do processo, de colocação de peças em cestos, para reinício do processo.

Na opinião do funcionário responsável pelo controle de qualidade (Entrevistado 2), o fato de as peças serem inspecionadas apenas ao final do processo ocasiona uma perda importante de tempo e insumos. O entrevistado explica que o processo é finalizado, e as camadas de zinco depositadas, sobre peças com superfícies por vezes parcialmente cobertas de impurezas, que ainda passam pelo processo final de cromatização antes de serem inspecionadas e identificadas como não conformes.

O Entrevistado 1 (E.1) complementa que a inspeção apenas ao final do processo, ainda que tardia, quando feita corretamente é menos prejudicial do que uma má inspeção, que faça com que peças inadequadamente finalizadas sejam entregues ao cliente, para posterior devolução. Estas devoluções, de acordo com o entrevistado, sobrecarregam o processo e comprometem a empresa, sobretudo financeiramente, através da necessidade de gasto de insumos.

Na opinião do Entrevistado 2 (E.2), inspeções mal executadas ocorrem, principalmente, por conta do pouco tempo disponível para a devolução das peças aos clientes, que costumam demandar prazos curtos, talvez ocasionados por demora excessiva na execução de etapas anteriores à chegada das peças para beneficiamento na XYZ. Acredita também que, por vezes, erros são decorrentes da falta de atenção dos funcionários responsáveis pela inspeção final. Na fotografia 6, exemplo de peças finalizadas e em espera para inspeção.

### Fotografia 6 – Exemplo de peças prontas para inspeção



Fonte: Registrada pelo Autor

A etapa de inspeção é finalizada através da medição de camada, realizada em aparelho de Raio X especializado para a “medição não destrutiva e sem contato da espessura do revestimento e análise de materiais”, conforme informações da fabricante (FISCHER [2022?]). São medidas camadas de um item para cada tipo de peça beneficiada, observando as especificações definidas pelo cliente. Caso estejam dentro das especificações, as peças são levadas para a expedição e devolvidas ao cliente, caso estejam fora das especificações, são devolvidas para o início do processo.

No subcapítulo a seguir está descrita a análise realizada sobre os documentos disponíveis para controle do processo em estudo.

## 5.2 Análise de documentos

A empresa XYZ possui apenas um documento para controle específico do desempenho do processo de banho em zinco ácido, preenchido à mão, diariamente, pelo funcionário responsável pela operação dos rotativos. Este formulário, um registro diário de produção, apresenta dados sobre horário de início dos banhos, tipo de acabamento e controle de retrabalho. Na fotografia 7, exemplo de formulário para registro de produção, utilizado para controle do processo de beneficiamento de peças em zinco ácido.

### Fotografia 7 – Formulário para registro de produção

Registro da Produção										
Registrar a data, o horário de cada troca de banho, indicando a quantidade de produção por acabamento.										
Processo: <u>Zinco Ácido Rot. Linha A</u>				Acabamento				Estufa		Retrabalho
Data	Horário Início	Horário Fim	Tempo	Branco	Amarelo	Verde	Indiferente	1ª Etapa	2ª Etapa	
30/03	07:45	:		2			2			
	08:20	:				1				
	08:50	:			7		1			
	09:30	:		7	7					
	10:10	:		7		1	3			
	10:50	11:30		3						
	13:35	:		6			2			
	14:25	:		6			2			
	15:10	:		7	1					
	15:50	:	20m				5			
	16:10	17:15		9	2					

Fonte: Registrada pelo Autor

A partir dos dados nestes registros de produção, o funcionário responsável pelo controle de qualidade alimenta uma planilha de fechamento mensal com a quantidade de cargas produzidas, tipos de acabamento aplicados e retrabalhos realizados. De acordo com o E.2, o documento de registro de produção apresenta, constantemente, inconsistências, tais como:

- Ausência dos horários de finalização dos banhos, que impossibilitam controle de tempos de banho;
- Informações de acabamento que não batem com o total de banhos realizados (total de 12), impossibilitando controle exato sobre cargas produzidas e acabamentos realizados;
- Ausência de informações de retrabalho, por esquecimento ou falhas de comunicação entre operador de banho e o responsável pela etapa de cestos, impossibilitando controle exato sobre retrabalho realizado no processo de banho em zinco ácido.

Por conta da quantidade de dados para digitação, e ainda pela quantidade de folhas preenchidas diariamente neste e nos demais processos de beneficiamento de peças, realizados na empresa XYZ, frequentemente a planilha de fechamento mensal é atualizada de maneira incompleta.

A principal razão para a ausência de informações na planilha é a pouca disponibilidade de tempo por parte do funcionário responsável, de controle da qualidade. Conseqüentemente, a empresa gera pilhas de dados acerca dos processos

que não são consultados, impossibilitando posterior aproveitamento ou correção de erros cometidos em seu preenchimento.

A não utilização dos dados gerados impede que a empresa gere conhecimento acerca do processo de beneficiamento em zinco ácido, já que, conforme definição de Silva (2004, p. 144), “os dados são pré-requisitos para a informação, e esta é pré-requisito para o conhecimento”.

### 5.2.1 Retrabalho

De acordo com a observação dos relatórios diários de registro de produção, em um período de 5 dias úteis, o processo de beneficiamento em zinco ácido teve a incidência de 6,9% de retrabalhos sobre o total de banhos realizados. Neste período foram corretamente registrados 217 banhos, dentre os quais, 15 foram retrabalhos.

É importante reiterar que estas informações são, eventualmente, omitidas pelo operador de banho, por esquecimento ou por falha de comunicação com o funcionário do início do processo, que recebe as peças para retrabalho e as envia para o primeiro processo de limpeza sem, por vezes, comunicar o operador de banho.

Uma taxa de retrabalho de 6,9% significa que, da média de 138,4 cargas realizadas diariamente, 9,5 estarão defeituosas. Conforme explicam os autores Corrêa e Gianesi (2012, p. 69) a produção de produtos defeituosos pode significar “desperdiçar materiais, disponibilidade de mão-de-obra, disponibilidade de equipamentos, movimentação de materiais defeituosos, armazenagem de materiais defeituosos, inspeção de produtos, entre outros”.

### 5.2.2 Início de expediente

Através da análise dos registros de produção foi possível identificar um tempo médio de espera de 35 minutos, ao começo de cada turno, para início do primeiro ciclo de banho de peças. Na opinião do E.1, este tempo de espera é excessivo, já que representa exatamente o tempo necessário para a realização de um banho, sendo então uma restrição que a empresa planeja, em breve, superar.

O E.1 vê, como possível alternativa de baixo custo, a realização de horários diferenciados de trabalho para funcionários envolvidos no processo, de maneira que

viabilizem, por exemplo, que o expediente das etapas de limpeza se iniciem antes do expediente de banho de peças.

No subcapítulo a seguir estão demonstrados cálculos de IROG das etapas do processo de beneficiamento de peças em zinco ácido.

### 5.3 Cálculos de IROG

Para mensuração de eficiência das etapas do processo de banho em zinco ácido, objetivando a identificação da etapa gargalo, foi realizado cálculo de IROG baseado na média de produção diária (em cestos/cargas), de 138,4, sobre a capacidade total das etapas. Os resultados estão no quadro 10:

**Quadro 10** – Cálculos de IROG

Etapa	Capacidade diária	IROG
Cestos	315	$138,4/315 = 44\%$
Desengraxante	302,4	$138,4/302,4 = 46\%$
Enxague 1	1512	$138,4/1512 = 9\%$
Decapante	447,99	$138,4/447,99 = 31\%$
Banho	185,14	$138,4/185,14 = 75\%$
Enxague 2	1080	$138,4/1080 = 13\%$
Ativação	1080	$138,4/1080 = 13\%$
Cromatização	540	$138,4/540 = 26\%$
Secagem	675	$138,4/675 = 21\%$

Fonte: Elaborado pelo autor

De acordo com os resultados obtidos com a realização de cálculos de IROG, a etapa de banho em rotativos é a etapa mais eficiente do processo. Esta situação ocorre, pois, conforme Prates e Bandeira (2011, p. 714), é esperado que o gargalo seja a etapa com maior eficiência, “visto que ela dita a saída de peças. Porém, além desta expectativa, também se pode observar que existem operações com muita ociosidade”.

A ociosidade das demais etapas fica evidente, quando sua capacidade é comparada à produtividade média diária de cargas no processo. Desta forma, é

possível concluir que o gargalo deste processo é a etapa de banho de peças em rotativos.

No subcapítulo a seguir será discutido o gargalo identificado no processo de beneficiamento de peças em zinco ácido.

#### **5.4 Identificação do gargalo e propostas**

Através da aplicação dos diversos meios de análise do processo de beneficiamento de peças em zinco ácido, tais como cálculos de desempenho e capacidade, realização de entrevistas e questionários, análise de documentos, observação *in loco* e cálculo IROG, foi possível identificar que a etapa gargalo do processo analisado é a etapa de realização do banho de peças, em tambores rotativos.

Conforme Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009, p. 211), um gargalo é definido como “qualquer recurso cuja capacidade disponível limita a competência da organização de atender ao volume de produto, ao *mix* de produtos ou à flutuação de demanda exigidos pelo mercado”.

A etapa de banho detém a menor capacidade de processamento dentre todas as etapas do processo, apresenta uma capacidade 38,78% inferior à segunda etapa mais lenta, de desengraxe, e 41,23% inferior à terceira etapa mais lenta, de colocação de peças em cestos.

Por conta da capacidade máxima de realização de 12 banhos simultâneos, não é capaz de, em um ciclo único de banho, banhar a totalidade de cestos advindos do último processo de limpeza, de decapagem, que, assim como o desengraxante, recebe até 21 cestos por vez. Tendo como ferramenta norteadora a Teoria das Restrições de Goldratt e Cox (2002), buscou-se, após identificada a restrição, maneiras possíveis de explorar, subordinar e, finalmente, elevar o gargalo.

##### **5.4.1 Explorar o gargalo**

Conforme Antunes *et al* (2008, p. 112), a exploração do gargalo consiste em “utilizar da melhor forma possível as restrições do sistema. Se a restrição é interna à fábrica, ou seja, se existem gargalos, a melhor decisão consiste em maximizar o ganho nos gargalos”.

As ideias propostas nesta etapa foram pensadas como soluções de baixo custo, objetivando corrigir erros de operação do processo de limpeza e banho, advindos de descuidos dos funcionários, ou ainda desperdício de dados, gerados pelo gargalo. As 4 soluções pensadas para a exploração do gargalo estão destacadas a seguir, em negrito:

### **Utilizar recurso eletrônico para preenchimento de dados diários sobre banhos**

O recurso eletrônico imaginado para utilização é um *tablet*, conectado via *Wi-Fi* à rede da empresa, onde será disponibilizada planilha eletrônica para inserção de dados de início e fim de banho, acabamento, retrabalho, ordem de produção, dentre outras informações que a XYZ possa julgar necessárias.

Estas informações são, hoje, preenchidas à mão pelo funcionário responsável pela etapa de rotativos, gerando um acúmulo de folhas de registros de produção que não são, por escassez de tempo, enviadas para o sistema da empresa. Este não aproveitamento das informações impede a geração de relatórios que proporcionariam à empresa maior compreensão do desempenho real do banho.

Através da implementação da planilha, a empresa poderá importar os dados gerados diariamente, eliminando a necessidade posterior de digitação, realizada pelo funcionário de controle de qualidade. Na figura 11 está demonstrado modelo inicial, imaginado para preenchimento de dados através de recurso eletrônico.

**Figura 11** – Planilha eletrônica para controle de ciclos de banho

Data: 07/05/2022							
OP	Zinco Ácido Rotativos			Acabamento			Retrabalho
	Início	Fim	Tempo	Amarelo	Verde	Branco	
1000	07:15	07:45	00:30	5	5	2	2

Fonte: Elaborado pelo Autor

## Controlar tempos dos rotativos através de cronômetros

A movimentação dos rotativos ocorre, hoje, sem controle individual de tempos. O operador anota a hora em que posiciona o primeiro rotativo no banho e, após isso, faz a estimativa de carregamento dos outros acrescentando 2 minutos para o segundo, 4 para o terceiro, mantendo este padrão até o último rotativo. Esta estimativa, porém, é facilmente prejudicada quando há a necessidade de, por qualquer motivo, interromper o processo.

Através da observação *in loco* foi perceptível que, nos momentos de interrupção, por conta também da ausência de qualquer informação visual, o funcionário responsável pelo banho se perdia na sequência de retirada e carregamento de rotativos ou nos tempos transcorridos. Para solucionar este problema, a disponibilização individual de cronômetros, posicionados em frente a cada um dos 12 tanques e acionados através de botão de *start* seria suficiente.

O operador teria, através do uso correto dos cronômetros, um controle adequado dos tempos individuais de banho, minimizando ou eliminando a ocorrência de erros por esquecimento. Na figura 12, exemplo de cronômetro adequado para controle de tempos individuais dos rotativos.

**Figura 12** – Exemplo de cronômetro para uso individual em banhos



Fonte: Magazine Luiza ([2022?])

## Controlar tempos dos rotativos através de temporizadores programáveis

Uma segunda alternativa, para monitoramento de tempos individuais de banho, pode ser a implementação de temporizadores programáveis, com aviso sonoro ou visual, compatíveis com sensores indutivos para início de contagem. Neste cenário, o sensor detecta a entrada do rotativo e dispara o tempo, desta forma não há a necessidade de inicialização manual do cronometro, eliminando o risco de

esquecimento do uso da ferramenta pelo operador. Na figura 13, exemplo de temporizador com configurações adequadas para utilização no processo.

**Figura 13** – Exemplo de temporizador programável



Fonte: Novus ([2022?])

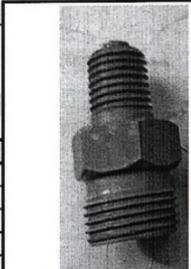
### **Aprimorar ordens de produção**

Discussão realizada entre os funcionários de chefia da XYZ (E.1, E.2 e E.3) após a observação de dados obtidos através da coleta de dados para o estudo de caso, selecionou, como primeira ação possível de ser implementada como melhoria, o desenvolvimento de uma nova ordem de produção, mais detalhada e que informe tempos padrões de limpeza, banho e acabamento. Desta forma, a XYZ planeja minimizar a incidência de, nas palavras do E.3, “erros por controle de tempo nas etapas do processo”.

O E.3 acredita que, através da leitura de informações precisas sobre tempos, os funcionários responsáveis serão também capazes de identificar grupos de peças com tempos de processamento parecidos. Assim, realizarão o envio de peças em grupos semelhantes para a linha, de maneira que não ocorram erros por aplicação de tempos iguais em peças de características distintas, que demandem limpeza e beneficiamento em tempos divergentes, minimizando retrabalhos.

Na figura 14, exemplos da ordem de produção antiga (à esquerda) e o modelo novo.

**Figura 14 – Ordens de produção**

<p>DATA: 14/08/21 OP: 0043</p> <p>CLIENTE:</p> <p>CÓDIGO: 000011</p> <p>DESCRIÇÃO DA PEÇA: FIVELA DE 100 234567</p> <p>ACABAMENTO: N.º 00000000000000000000</p> <p>QUANT.: 10 PESO: 20</p> <p>PROCESSO/DESCRIÇÃO: TEMPO EXECUÇÃO</p> <p>DADOS TÉCNICOS SOLICITADO: OBTIDO</p> <p>CAMADA: 58</p> <p>CARGAS PRODUZIDAS: RETRABALHO</p> <p>DATA PRODUÇÃO: 20/08/21</p> <p>VISTO FINAL: [assinatura]</p> <p>VOLUMES:</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 0</p>	<p>Ordem de Produção: _____ Tipo de Operação: _____</p> <p>Cliente: _____ OS: 1 de .... OS Nº: _____</p> <p>Data da OP: _____ Previsão de Entrega: _____ Nº OC Cliente: _____</p> <p>Código do Item: _____ Quantidade: _____ Peso: _____ volumes: _____</p> <p>Descrição: _____</p> <p>Observação: _____</p>																						
	<p>Processos</p> <p><b>Rotativo</b>                      <b>Zinco Branco Trivalente</b></p>																						
	<p>Tempo de Eletrodeposição:</p>																						
	<table border="1"> <tr><td>1 Desengraxe</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2 Decapagem</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3 Eletrodeposição</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4 Passivação</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>		1 Desengraxe				2 Decapagem				3 Eletrodeposição				4 Passivação								
	1 Desengraxe																						
	2 Decapagem																						
	3 Eletrodeposição																						
	4 Passivação																						
	<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Dados Técnicos</th> <th>Produção</th> </tr> <tr> <td>Camada: _____</td> <td>Desidrogenação: _____</td> <td>Data da Produção: _____</td> </tr> <tr> <td>Solicitada: _____</td> <td>Tempo Solicitado: _____</td> <td>Cargas Produzidas: _____</td> </tr> <tr> <td>Obtida: _____</td> <td>Temperatura Solicitada: _____</td> <td>Cargas Retrabalhadas: _____</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Data Realizada: _____</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Tempo Aplicado: _____</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Temperatura Aplicada: _____</td> <td></td> </tr> </table>		Dados Técnicos		Produção	Camada: _____	Desidrogenação: _____	Data da Produção: _____	Solicitada: _____	Tempo Solicitado: _____	Cargas Produzidas: _____	Obtida: _____	Temperatura Solicitada: _____	Cargas Retrabalhadas: _____		Data Realizada: _____			Tempo Aplicado: _____			Temperatura Aplicada: _____	
	Dados Técnicos		Produção																				
Camada: _____	Desidrogenação: _____	Data da Produção: _____																					
Solicitada: _____	Tempo Solicitado: _____	Cargas Produzidas: _____																					
Obtida: _____	Temperatura Solicitada: _____	Cargas Retrabalhadas: _____																					
	Data Realizada: _____																						
	Tempo Aplicado: _____																						
	Temperatura Aplicada: _____																						
<p>QR-CODE ou CÓDIGO DE BARRAS</p>																							

Fonte: Registrada pelo Autor

O modelo novo, embora já em utilização, ainda carece de informações sobre tempos para a maioria dos tipos de peças, e não gera código de barras. A ausência de informações decorre do pouco tempo disponível, por parte do funcionário da Qualidade, para realização desta nova tarefa.

#### 5.4.2 Subordinar ao gargalo

Conforme Lélis (2018, p. 113), na etapa de subordinação do gargalo “devem-se criar programações para maximizar o rendimento total dos gargalos”. As ideias propostas nesta fase objetivam adaptar o desempenho de outras etapas do processo à etapa de banho de peças, de maneira que viabilizem ganho em aproveitamento do gargalo. As 2 soluções pensadas para a subordinação ao gargalo estão destacadas a seguir, em **negrito**:

#### **Iniciar expediente de limpeza antes do expediente de banho**

Visando a inicialização dos banhos ao início do expediente diário de 9 horas, uma alternativa possível para a XYZ é iniciar o expediente de limpeza 45 minutos antes do expediente de banho, às 6:30, de maneira a viabilizar que a decapagem, última etapa de limpeza, ocorra em tempo hábil para que os banhos se iniciem logo ao início do expediente normal, às 7:15. A diferença entre horários de intervalo

também viabilizará que os banhos sejam carregados logo ao início do turno da tarde, ocasionando desta forma ganho produtivo para a empresa no início dos dois turnos.

### Iniciar expediente de acabamento após o expediente de banho

Visando a utilização do banho por tempo prorrogado ao final dos dois turnos, a XYZ pode, também, iniciar o expediente de acabamento 30 minutos após o expediente de banho. Desta forma, viabilizará que o último ciclo de banho, que no cenário atual ocorre de maneira incompleta, visando a realização da etapa de acabamento, possa ser dado em um número maior de cargas ao final dos dois turnos.

### Quadro 11 – Expedientes do processo

EXPEDIENTE DE LIMPEZA		Início	Fim	Início	Fim
		06:30	11:30	12:45	16:45
EXPEDIENTE DE BANHO		Início	Fim	Início	Fim
		07:15	12:15	13:30	17:30
EXPEDIENTE DE ACABAMENTO		Início	Fim	Início	Fim
		07:45	12:45	14:00	18:00

Fonte: Elaborado pelo autor

No quadro 12 está demonstrada produtividade projetada, conforme a implementação dos horários, diferenciados, de expediente das três etapas principais do processo de beneficiamento em zinco ácido.

### Quadro 12 – Produtividade projetada

Zinco Ácido Rotativo Linha A																	
Data	Rotativo	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída
	1	07:15:30	07:50:30	07:52:20	08:27:20	08:29:10	09:04:10	09:06:00	09:41:00	09:42:50	10:17:50	10:19:40	10:54:40	10:56:30	11:31:30	11:33:20	12:08:20
Turno M	2	07:17:30	07:52:30	07:54:20	08:29:20	08:31:10	09:06:10	09:08:00	09:43:00	09:44:50	10:19:50	10:21:40	10:56:40	10:58:30	11:33:30	11:35:20	12:10:20
	3	07:19:30	07:54:30	07:56:20	08:31:20	08:33:10	09:08:10	09:10:00	09:45:00	09:46:50	10:21:50	10:23:40	10:58:40	11:00:30	11:35:30	11:37:20	12:12:20
	4	07:21:30	07:56:30	07:58:20	08:33:20	08:35:10	09:10:10	09:12:00	09:47:00	09:48:50	10:23:50	10:25:40	11:00:40	11:02:30	11:37:30	11:39:20	12:14:20
	5	07:23:30	07:58:30	08:00:20	08:35:20	08:37:10	09:12:10	09:14:00	09:49:00	09:50:50	10:25:50	10:27:40	11:02:40	11:04:30	11:39:30		
	6	07:25:30	08:00:30	08:02:20	08:37:20	08:39:10	09:14:10	09:16:00	09:51:00	09:52:50	10:27:50	10:29:40	11:04:40	11:06:30	11:41:30		
	7	07:27:30	08:02:30	08:04:20	08:39:20	08:41:10	09:16:10	09:18:00	09:53:00	09:54:50	10:29:50	10:31:40	11:06:40	11:08:30	11:43:30		
	8	07:29:30	08:04:30	08:06:20	08:41:20	08:43:10	09:18:10	09:20:00	09:55:00	09:56:50	10:31:50	10:33:40	11:08:40	11:10:30	11:45:30		
	9	07:31:30	08:06:30	08:08:20	08:43:20	08:45:10	09:20:10	09:22:00	09:57:00	09:58:50	10:33:50	10:35:40	11:10:40	11:12:30	11:47:30		
	10	07:33:30	08:08:30	08:10:20	08:45:20	08:47:10	09:22:10	09:24:00	09:59:00	10:00:50	10:35:50	10:37:40	11:12:40	11:14:30	11:49:30		
	11	07:35:30	08:10:30	08:12:20	08:47:20	08:49:10	09:24:10	09:26:00	10:01:00	10:02:50	10:37:50	10:39:40	11:14:40	11:16:30	11:51:30		
	12	07:37:30	08:12:30	08:14:20	08:49:20	08:51:10	09:26:10	09:28:00	10:03:00	10:04:50	10:39:50	10:41:40	11:16:40	11:18:30	11:53:30		
	<b>Totais:</b>	<b>88,00</b>															
Data	Rotativo	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída
Turno T	1	13:30:30	14:05:30	14:07:20	14:42:20	14:44:10	15:19:10	15:21:00	15:56:00	15:57:50	16:32:50	16:34:40	17:09:40				
	2	13:32:30	14:07:30	14:09:20	14:44:20	14:46:10	15:21:10	15:23:00	15:58:00	15:59:50	16:34:50	16:36:40	17:11:40				
	3	13:34:30	14:09:30	14:11:20	14:46:20	14:48:10	15:23:10	15:25:00	16:00:00	16:01:50	16:36:50	16:38:40	17:13:40				
	4	13:36:30	14:11:30	14:13:20	14:48:20	14:50:10	15:25:10	15:27:00	16:02:00	16:03:50	16:38:50	16:40:40	17:15:40				
	5	13:38:30	14:13:30	14:15:20	14:50:20	14:52:10	15:27:10	15:29:00	16:04:00	16:05:50	16:40:50	16:42:40	17:17:40				
	6	13:40:30	14:15:30	14:17:20	14:52:20	14:54:10	15:29:10	15:31:00	16:06:00	16:07:50	16:42:50	16:44:40	17:19:40				
	7	13:42:30	14:17:30	14:19:20	14:54:20	14:56:10	15:31:10	15:33:00	16:08:00	16:09:50	16:44:50	16:46:40	17:21:40				
	8	13:44:30	14:19:30	14:21:20	14:56:20	14:58:10	15:33:10	15:35:00	16:10:00	16:11:50	16:46:50	16:48:40	17:23:40				
	9	13:46:30	14:21:30	14:23:20	14:58:20	15:00:10	15:35:10	15:37:00	16:12:00	16:13:50	16:48:50	16:50:40	17:25:40				
	10	13:48:30	14:23:30	14:25:20	15:00:20	15:02:10	15:37:10	15:39:00	16:14:00	16:15:50	16:50:50	16:52:40	17:27:40				
	11	13:50:30	14:25:30	14:27:20	15:02:20	15:04:10	15:39:10	15:41:00	16:16:00	16:17:50	16:52:50	16:54:40	17:29:40				
	12	13:52:30	14:27:30	14:29:20	15:04:20	15:06:10	15:41:10	15:43:00	16:18:00	16:19:50	16:54:50						
	<b>Totais:</b>	<b>71,00</b>															

Fonte: Elaborado pelo autor

Neste cenário, com um tempo médio de banho estabelecido em 35 minutos, considerando ainda um intervalo de 2 minutos entre um carregamento e outro, seriam viabilizados os acréscimos em produtividade destacados no quadro 13:

**Quadro 13 – Comparação de produtividade**

	Atual	Projetada
Média de ciclos de banho no turno da manhã	7	8
Média de ciclos de banho no turno da tarde	6	6
Média diária de ciclos de banho	13	14
Média de cargas realizadas no turno da manhã	74,2	88
Média de cargas realizadas no turno da tarde	64,2	71
Média diária de cargas realizadas	138,4	159

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme os resultados projetados, a XYZ viabilizaria, com a implementação de expedientes diferenciados, 90% dos ciclos estimados na capacidade total do processo de banho, e ainda 86% das cargas estimadas (conforme quadro 6).

#### 5.4.3 Elevar o gargalo

A ideia nesta etapa consiste, de acordo com Antunes *et al* (2008), em elevar a capacidade das restrições. Ainda de acordo com os autores (2008, p. 113), esta etapa pode ser levada adiante através da “adoção de uma série de ações físicas sobre o sistema, como, por exemplo, aumento da eficiência do gargalo, compra de máquinas (recursos), redução dos tempos de preparação no gargalo etc”.

Para elevação do gargalo, podem ser sugeridas soluções que demandem investimentos de valor mais elevado, porém, efetivamente transformem o desempenho do processo, através da otimização do gargalo. As 3 soluções pensadas para a elevação do gargalo estão destacadas a seguir, em negrito:

#### **Viabilizar ação mecânica nas etapas de limpeza**

Para aumento da eficiência das etapas de limpeza do processo de beneficiamento em zinco ácido, uma das principais sugestões, apontada em questionários e entrevistas, foi a de viabilizar ação mecânica sobre as peças durante a realização da limpeza.

Conforme diálogos prévios entre gestores da XYZ com representante da empresa do comércio de máquinas e equipamentos localizada na cidade de Gravataí, a ação mecânica nestas etapas, que se dá por meio de agitação mecânica nos tanques e movimentação das peças dentro de tambores rotativos, elimina retrabalhos e viabiliza a realização destas etapas em tempos entre 10 e 15 minutos.

O investimento, estimado pela XYZ para melhorias necessárias nos tanques de desengraxe e decapagem, que viabilizem ação mecânica, é de R\$ 10.000,00 para cada tanque. Com o investimento, os tanques passariam a ter a capacidade de recebimento para até 4 rotativos simultâneos, que fariam limpeza adequada das peças movimentando-as constantemente, de maneira que todas estariam igualmente expostas aos agentes químicos para limpeza.

### **Viabilizar utilização de rotativos no processo de limpeza**

Para tornar possível a realização das etapas de limpeza em tambores rotativos, após a adaptação dos tanques, a XYZ pode realizar investimento na aquisição de 12 novos tambores rotativos, idênticos ao modelo atual de rotativo que possui.

12 rotativos são o número necessário para garantir plena ocupação da linha de limpeza, levando em conta a capacidade máxima de até 4 rotativos por vez no desengraxante, 4 no decapante e 4 em enxagues. Neste cenário, considerando um tempo médio de 12,5 minutos para a realização de cada etapa de limpeza, a etapa de banho seria plenamente abastecida.

Com a aquisição de 12 novos rotativos do modelo atual, as etapas permaneceriam a cargo do operador de banho, que deverá controlar os tempos e manipular os tambores rotativos ao longo dos processos de limpeza e banho. O valor pago pela empresa para a aquisição dos 12 rotativos que dispõe atualmente em sua linha foi de R\$ 180.000,00, ou R\$ 15.000,00 por cada rotativo, mesmo valor que estima para a aquisição de novos rotativos. Com esta aquisição, a empresa viabilizaria ganho de qualidade na limpeza, por conta da exposição homogênea das peças aos agentes químicos através de movimentação constante, em tempos reduzidos em 58,33%.

## Viabilizar automatização da linha

Visando padronização dos tempos e melhoria na qualidade dos processos, fatores preponderantes, na opinião do E.3, para balizar ações futuras da XYZ, a empresa poderá investir na automatização da linha de beneficiamento de peças em zinco ácido. O investimento principal para esta automatização é a aquisição de rotativos automáticos capazes de, através da leitura das especificações de cada tipo de peça, realizar sequencialmente, sem intervenção de um operador, todas as etapas do processo.

O custo de aquisição de 24 rotativos automáticos é de R\$ 840.000,00, ou R\$ 35.000,00 por rotativo, conforme orçamento prévio. Este tipo de rotativo tem o dobro da capacidade do modelo atual, utilizado pela XYZ, para recebimento de peças. Desta forma, a produtividade em cargas do processo dobraria, com o rotativo sendo carregado, em comparação à capacidade atual, com dois cestos ao invés de um. Estes cestos, conforme informado anteriormente neste trabalho, recebem em média 20 kg.

Somado ao custo dos 24 rotativos, será necessário investimento em estrutura que viabilize a movimentação dos rotativos ao longo de toda a linha (limpeza, banho e acabamento) em um valor estimado em R\$ 160.000,00. A estimativa deste investimento foi feita após a visita de um consultor, vinculado à empresa de comércio de máquinas e equipamentos consultada pela XYZ. Desta forma, a automatização da linha de beneficiamento de peças em zinco ácido está orçada em R\$ 1.000.000,00.

Na automatização, os rotativos são carregados individualmente e enviados para a primeira etapa de limpeza, sendo descarregados ao final da etapa de acabamento, anterior à etapa de secagem. A automatização demandaria a presença de apenas 2 funcionários responsáveis pelo processo, conforme quadro 14:

**Quadro 14 – Funcionários e etapas**

Responsável	Etapas
Funcionário 1	Busca de caixas no almoxarifado;
	Carregamento e programação dos rotativos.
Funcionário 2	Esvaziamento dos rotativos;
	Secagem das peças em centrífugas;
	Inspeção e medição de camada das peças finalizadas.

Fonte: Elaborado pelo autor

Objetivando maximizar a utilização do processo após sua automatização, a XYZ planeja, de acordo com o E.2, que os funcionários deste processo tenham horários diferenciados de trabalho, conforme quadro 15:

**Quadro 15 – Funcionários e expediente**

Expediente - Funcionário 1		Início	Fim	Início	Fim
		07:15	12:15	13:30	17:30
Expediente - Funcionário 2		Início	Fim	Início	Fim
		08:15	13:15	14:30	18:30

Fonte: Elaborado pelo autor

Desta forma, o expediente do processo será acrescido em 1 hora, para compensar a hora inicial, de carregamento dos 24 rotativos para envio à linha.

Por último, é importante ressaltar que a empresa XYZ ainda não realizou estudo prévio de mercado, para assegurar-se de que o investimento na automatização será amortizado pela demanda do mercado. É altamente recomendável que a empresa busque maior compreensão do mercado, antes de tomar uma decisão que demande um investimento grande de capital. No quadro 16 estão resumidos problemas e soluções propostas.

**Quadro 16 – Resumo de problemas e soluções propostas**

	Problemas	Soluções	Ganhos
EXPLORAR O GARGALO	Perda de dados diários sobre banhos.	Tablet conectado à rede para preenchimento e importação de dados.	Importação diária de dados; Utilização de dados para gerar conhecimento sobre o processo.
	Controle ineficiente nos tempos das etapas do processo.	Controle de tempos através de cronômetros individuais; Controle de tempos através de temporizadores programáveis; Aprimorar OPs com mais informações sobre peças.	Controle individual dos tempos de banho; Minimização de erros por esquecimento; Maior disponibilidade de informações para os funcionários do processo.
SUBORDINAR AO GARGALO	Utilização do banho (gargalo) abaixo de sua capacidade.	Iniciar expediente de limpeza antes do expediente de banho;  Encerrar expediente de acabamento após o expediente de banho.	Ganho produtivo de 18,6% (em cargas) no turno da manhã;  Ganho produtivo de 10,6% (em cargas) no turno da tarde.
ELEVAR O GARGALO	Limpeza ineficiente de peças.	Ação mecânica nas etapas de limpeza;  Utilização de rotativos nas etapas de limpeza.	Limpeza homogênea das peças; Processos de limpeza em tempos 58,33% menores; Minimização de retrabalho.
	Ausência de padronização nos tempos de etapas;  Produtividade abaixo da capacidade.	Automatização do processo.	Ganho em dobro de capacidade;  Padronização de tempos;  Ganho em qualidade.

Fonte: Elaborado pelo autor

No item a seguir, estão traçados os mapas atual e futuro do processo de beneficiamento em zinco ácido.

## 5.5 Mapeamento do fluxo de valor (MFV)

Os autores Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009), explicam que o MFV proporciona um tipo de análise do processo que, através de sua metodologia, de mapeamento das etapas envolvidas no fluxo de um produto por toda uma cadeia de valor, cria um escopo de informações maior do que um mapa típico de processo ou um fluxograma. Os autores acrescentam que o MFV é importante pois “ajuda os gerentes a identificar a fonte de atividades desperdiçadoras que não agregam valor” (KRAJEWSKI, RITZMAN e MALHOTRA, 2009, p. 312).

Para a realização dos mapeamentos de fluxo de valor do processo, foram selecionadas apenas as etapas que, efetivamente, agregam valor às peças, que são as etapas de limpeza, banho, acabamento e inspeção. Para simplificação, as etapas de limpeza foram calculadas juntas, totalizando capacidade para 42 cargas no fluxo atual e 12 no fluxo futuro. O mapa foi baseado no tempo de movimentação de 1 carga ao longo do fluxo de valor.

### 5.5.1 Mapeamento do fluxo de valor atual

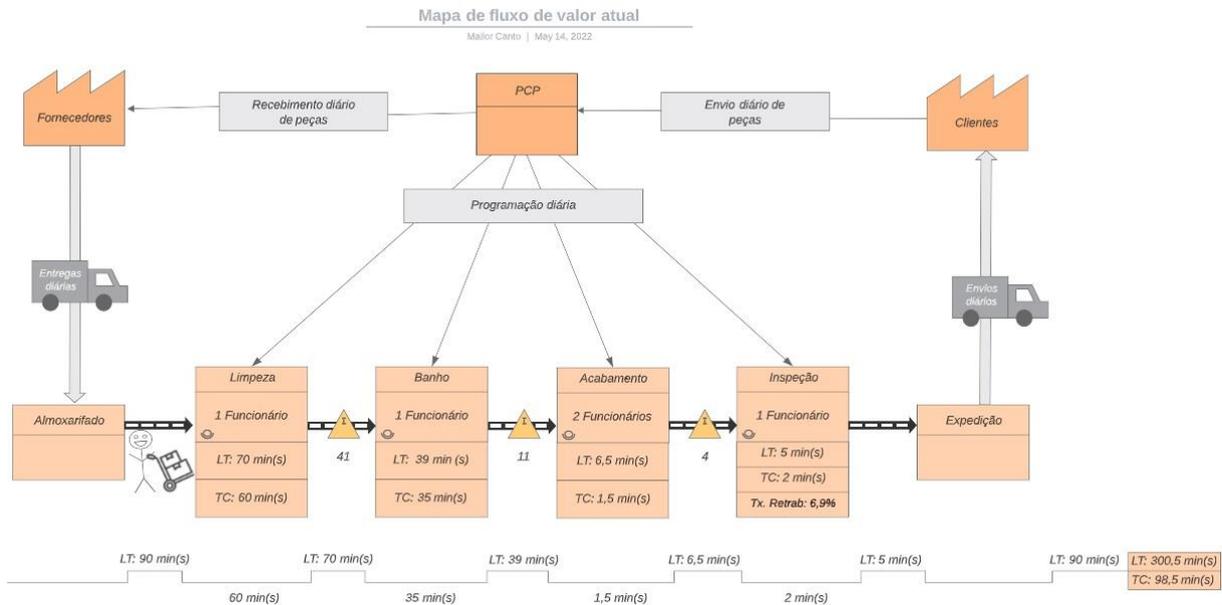
Para mapeamento do fluxo de valor atual, os tempos de ciclo (TC) foram baseados nos tempos médios observados nas etapas de limpeza, banho, acabamento e inspeção, e os *lead times* (LT) incluem tempos que não agregam valor ao produto, como colocação das peças em cestos, enxague e deslocamento.

Foi discutido, com o responsável pelo PCP da empresa (E.3), o tempo médio que o processo de beneficiamento em zinco ácido leva para iniciar trabalhos em uma nova entrada de peças, proveniente dos clientes. Foi, ainda, discutido o tempo médio em que as peças prontas aguardam na expedição, até que saiam para devolução aos clientes, os dois tempos ficaram em 90 minutos.

A inspeção foi estimada em um TC de 2 minutos para inspeção por julgamento e medição de camada, com LT de 5 minutos por conta de deslocamentos e espera, para utilização do equipamento de Raio X, que é utilizado para todos os demais processos de beneficiamento da empresa.

Os estoques entre etapas foram baseados na capacidade de recebimento (em cargas) de cada etapa menos 1, por conta da movimentação da carga ao longo do processo.

**Figura 15 – MFV atual**



Fonte: Elaborado pelo Autor

### 5.5.2 Mapeamento do fluxo de valor futuro

Para desenho do mapa de fluxo de valor futuro, foi imaginado o cenário, ambicionado pela XYZ, de implementação da automatização do processo. As modificações visualizadas para o cenário futuro estão baseadas em previsões de capacidade, estimadas em conversas com representantes da empresa fabricante dos equipamentos orçados.

Por conta da aquisição de rotativos com o dobro da capacidade dos rotativos atuais, é possível imaginar que a produção da XYZ, em quantidade de peças por carga, dobre. Desta forma, foi traçado um LT inicial de 45 minutos, metade do tempo atual para início de trabalho em uma nova entrada de peças.

Os tempos de limpeza, somados, totalizam TC de 25 minutos, em média calculada sobre os tempos previstos para a nova duração das etapas de desengraxe e decapagem, após implementação de ação mecânica sobre as peças nestes processos. O lead time de 28,5 minutos é baseado em um tempo médio, de 3,5 minutos, estimado pelo E.2, para realização do esvaziamento, deslocamento, carregamento e programação de cada rotativo.

O TC do banho foi definido em 30 minutos, conforme estimativa da XYZ de tempo médio, anteriormente observado como necessário para o correto beneficiamento da maioria dos tipos de peças trabalhadas na empresa. O LT desta etapa, que não precisará mais de intervenção de operador, foi estimado em 32 minutos, acrescentando tempo necessário para enxague e deslocamento.

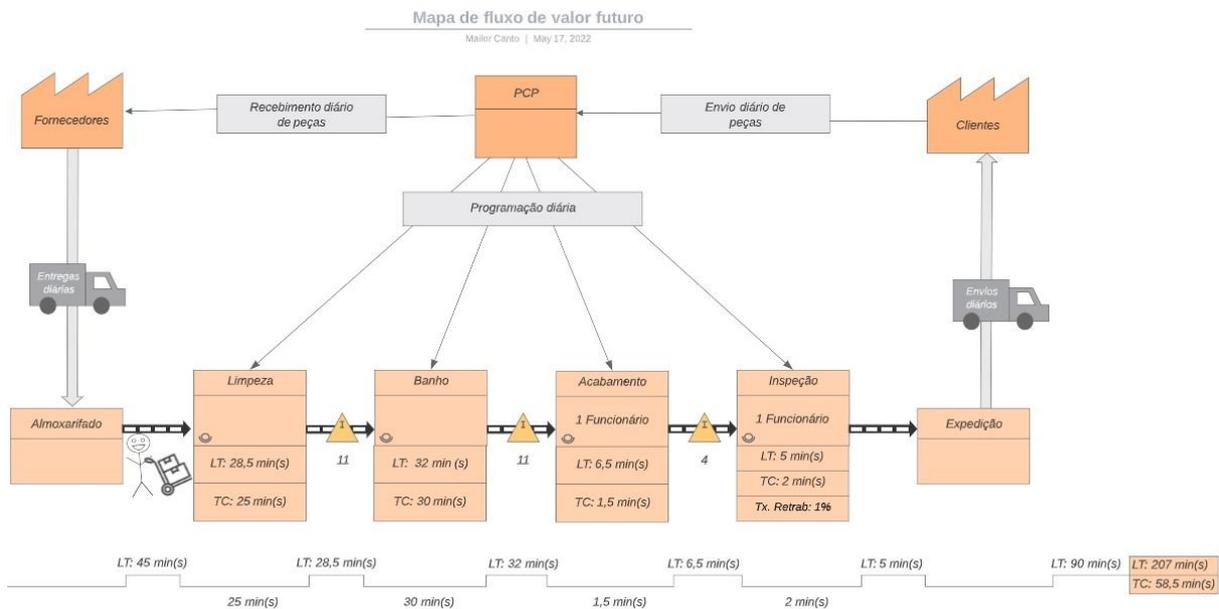
O tempo de acabamento, de acordo com o E.2, permanecerá o mesmo, havendo a necessidade de esvaziamento dos rotativos em cestos t-2 para envio ao processo de secagem de peças em centrífugas.

Tempos de inspeção continuarão os mesmos, e a empresa ambiciona minimizar a incidência de retrabalho para 1%.

O processo será desempenhado por apenas 2 funcionários:

- O 1º realizará o carregamento dos rotativos, ao início do processo.
- O 2º descarregará os rotativos, ao final do processo de acabamento, para posterior envio à secagem em centrífugas e inspeção por julgamento, finalizando com a medição de camada.

**Figura 16 – MFV futuro**



Fonte: Elaborado pelo Autor

### 5.5.3 Comparação entre MFVs

O processo de beneficiamento em zinco ácido, no cenário futuro de automatização, teria seu tempo de limpeza diminuído em 58,3%. O tempo de banho, através de padronização obtida pela operação automática dos banhos, teria seu tempo médio diminuído em 14,3%. Desta forma, o TC total do processo teria diminuição de 40,6% em sua duração, de 98,5 minutos para 58,5 minutos. Finalmente, o *lead time* do processo teria diminuição de 31,11%, de 300,5 minutos para 207 minutos.

A existência de estoque entre as etapas, na automatização, seria modificada, com menos cargas sendo processadas nas etapas de limpeza. A XYZ acredita que esta diminuição não prejudica o processo, por conta do fluxo de 24 rotativos e a grande diminuição nos tempos médios de desengraxe e decapagem.

Através dos resultados obtidos após o mapeamento dos fluxos de valor atual e futuro, é possível observar ganhos em *lead time* e tempo de ciclo que explicam a decisão da XYZ de automatizar o processo. É importante ressaltar, porém, que os dados obtidos pela empresa para estimar tempos são informações iniciais, de estimativas ainda não confirmadas no contexto particular da empresa.

**Quadro 17 – Comparação de MFVs**

Comparação de MFVs	Atual	Futuro
Espera em almoxarifado	LT: 90 min(s)	LT: 45 min(s)
Etapa de limpeza	LT: 70 min(s) TC: 60 min (s) Func: 1	LT: 28,5 min(s) TC: 25 min (s) Func: 0
Em processamento na etapa	41	11
Etapa de banho	LT: 39 min(s) TC: 35 min(s) Func: 1	LT: 32 min(s) TC: 30 min(s) Func: 0
Em processamento na etapa	11	11
Etapa de acabamento	LT: 6,5 min(s) TC: 1,5 min(s) Func: 2	LT: 6,5 min(s) TC: 1,5 min(s) Func: 1
Em processamento na etapa	4	4
Etapa de inspeção	LT: 5 min(s) TC: 2 min(s) Retrab: 6,9% Func: 1	LT: 5 min(s) TC: 2 min(s) Retrab: 1% Func: 1
Espera em expedição	LT: 90 min(s)	LT: 90 min(s)
Totais:	LT: 300,5 min(s) TC: 98,5 min(s)	LT: 207 min(s) TC: 58,5 min(s)

Fonte: Elaborado pelo autor

No capítulo seguinte estão as conclusões desenvolvidas após a finalização do estudo de caso.

## 6 CONCLUSÃO

O objetivo geral deste estudo de caso foi o de identificar, em um processo produtivo, qual de suas etapas representa o gargalo do sistema, ou seja, o recurso restritivo de capacidade, para então propor soluções que possibilitem sua elevação ou eliminação. Para atingimento destes objetivos, foram compreendidas e, posteriormente, analisadas, cada uma das etapas realizadas no processo, de beneficiamento de peças em zinco ácido, realizado pela empresa XYZ.

A compreensão do processo ocorreu através de observação *in loco* não participante e, também, através de explicações, posteriormente solicitadas aos funcionários em cargos de chefia entrevistados. A análise das etapas ocorreu através de observação *in loco*, anotações de tempos, entrevistas, questionários e análise de documentos e relatórios, gerados para controle do processo.

Através do conjunto de informações obtidas, foi possível concluir que, no processo de beneficiamento de peças em zinco ácido, o gargalo se trata da etapa de banho de peças em rotativos. Esta conclusão foi possível através de variadas fontes de informação, como cálculo de tempos de processamento, capacidade física para recebimento de peças, respostas obtidas em entrevistas e questionários, cálculo IROG e, finalmente, através da observação da etapa.

Após a identificação do gargalo, buscou-se maneiras de, através da metodologia proposta por Goldratt e Cox (2002), de eliminação de restrições em processos produtivos, propor melhorias que possibilitem ganhos produtivos no gargalo, que impactarão no desempenho do processo como um todo. As melhorias foram imaginadas partindo da lógica de identificação, exploração, subordinação e elevação do gargalo. Diversas melhorias propostas neste trabalho partiram de ideias de funcionários do processo ou em cargos de chefia.

Para a exploração do gargalo, foram propostas melhorias simples e de baixo investimento de capital, objetivando a minimização de erros comuns observados ao longo do processo, como falha no controle de tempos em etapas ou, ainda, falha na utilização dos dados pertinentes ao processo, que proporcionariam aquisição de conhecimento, fundamental para a elaboração de melhorias futuras.

Buscando a subordinação das outras etapas do processo à etapa gargalo, foram propostas mudanças no expediente de trabalho. Estas mudanças, se implementadas, poderão proporcionar um aproveitamento maior do gargalo ao longo

do expediente diário, de 9 horas, uma vez que estarão adequadas às necessidades do gargalo, de limpeza prévia e acabamento posterior.

Por fim, ambicionando a elevação do gargalo, ou sua eliminação, foram elencadas melhorias de maior investimento de capital, que podem transformar, completamente, o desempenho do processo em relação aos seus tempos e sua capacidade produtiva.

Dentre as melhorias de maior investimento financeiro, a empresa parece inclinada a realizar a mais drástica, de automatização total da linha. A inclinação da empresa a decidir pela automatização partiu, de acordo com o diretor da empresa (E.1), de movimentações internas, como reuniões de chefia e conversas com funcionários do processo. Estas movimentações, foram realizadas para a correção dos problemas diagnosticados ao longo das etapas de observação e coleta de dados, realizadas neste estudo de caso e compartilhadas com a XYZ.

A XYZ vê, na automatização do processo, a solução definitiva para os problemas atuais, de inconsistência nos tempos e ineficiência nas etapas de limpeza, principais causadores de retrabalho. Embora represente um investimento elevado para os padrões de uma empresa de pequeno porte, que ainda se recupera de um cenário de crise econômica provocado pela COVID-19, a empresa prevê que a transformação no processo, em longo prazo, se pagará. A empresa crê que a automatização viabilizará padronizações de tempo e ganho produtivo, através dos quais terá um salto de qualidade necessário para manter-se competitiva no mercado.

Um último fator, também preponderante para a implementação da automatização, de acordo com o responsável pela qualidade (E.2), é a dificuldade da empresa em encontrar trabalhadores adequados para desempenhar o processo de beneficiamento em zinco ácido. A escassez desta mão-de-obra é, na visão do E.2, decorrente das dificuldades impostas principalmente na etapa de banho, que demanda esforço físico e constante atenção aos tempos.

A automatização é a solução mais adequada em longo prazo para a empresa XYZ, demonstrada através da comparação entre os mapas de fluxo de valor atual e futuro, capacidade produtiva e padronização de tempos. Porém, é recomendável que, antes de decidir, finalmente, pela automatização, a empresa realize estudo de mercado, para assegurar-se de que haverá demanda suficiente para compensar o capital investido na transformação do processo. Paralelamente, a realização de

mudanças menores no processo atual, partindo de soluções como as propostas neste estudo de caso, devem ser consideradas e aplicadas pela empresa no processo.

Modificações graduais, que possam ser testadas e, futuramente, agregadas a um projeto grande de automatização, representam um caminho mais seguro para a empresa. Desta forma, a XYZ acumulará *know-how* que a direcionará em um caminho de práticas melhores do que as atuais, e poderá fazer uso deste aprendizado quando da implementação, ambicionada, de um processo que, embora automatizado, certamente trará novos desafios à empresa. Como proposição para a realização de estudos futuros, sugere-se a análise de retorno financeiro de investimentos, realizados no mercado de serviços de beneficiamento de metais.

## REFERÊNCIAS

ALBERTIN, M. R. **Administração da produção e operações**. Curitiba: Intersaberes, 2016. E-book. 224 p. Disponível em: <[http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca\\_s/aceso\\_login.php?cod\\_acervo\\_acessibilidade=5090190&acesso=aHR0cHM6Ly9taWRkbGV3YXJILWJ2LmFtNC5jb20uYnlvU1NPL1VuaXNpbm9zLzk3ODg1NDQzMdIzNTQ=&label=acesso%20restrito.](http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca_s/aceso_login.php?cod_acervo_acessibilidade=5090190&acesso=aHR0cHM6Ly9taWRkbGV3YXJILWJ2LmFtNC5jb20uYnlvU1NPL1VuaXNpbm9zLzk3ODg1NDQzMdIzNTQ=&label=acesso%20restrito.)> Acesso em: 15 de out. de 2021.

ALMEIDA, M. S. **Elaboração de projeto, TCC, dissertação e tese: uma abordagem simples, prática e objetiva**. 2. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2014. E-book. 82 p. Disponível em: <[http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca\\_s/aceso\\_login.php?cod\\_acervo\\_acessibilidade=5150331&acesso=aHR0cHM6Ly9pbmRIZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZWlhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTk3MDI1OTI3&label=acesso%20restrito](http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca_s/aceso_login.php?cod_acervo_acessibilidade=5150331&acesso=aHR0cHM6Ly9pbmRIZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZWlhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTk3MDI1OTI3&label=acesso%20restrito)>. Acesso em: 06 de nov. de 2021.

ALMEIDA, R. S.; COGAN, S.; ALMEIDA, M. L. T. O processo de raciocínio da teoria das restrições: um estudo de caso em uma microempresa brasileira. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, Campo Limpo Paulista, v.6, n.2, p.28-43, mai./ago. 2012.

ALTO número de atestados da Covid desorganiza produção industrial. **FIERGS**, 2 de ago. de 2021. Disponível em: <<https://www.fiergs.org.br/noticia/alto-numero-de-atestados-da-covid-desorganiza-producao-industrial>>. Acesso em: 13 de set. de 2021.

ANTUNES, J. A. V. J. A Lógica das Perdas nos sistemas produtivos - Uma revisão crítica. **Produttare**, 08 de dez. de 2014. Disponível em: <<https://www.produttare.com.br/blog/a-logica-das-perdas-nos-sistemas-produtivos---uma-revisao-critica>>. Acesso em: 30 de out. de 2021.

ANTUNES, J. A. V. J.; KLIEMANN, F. J. N.; FENSTERSEIFER, J. E. Do “Just-In-Case” ao “Just-In-Time”. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 29, n.3, p 49-64, jul./set. 1989.

ANTUNES, J. *et al.* **Sistemas de Produção**: Conceitos e Práticas para projeto e gestão da produção enxuta. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008. 326 p.

AZEVEDO, D.; MACHADO, L.; SILVA, L. V. (org.). **Métodos e procedimentos de pesquisa**: do projeto ao relatório final. 1. ed. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2011. E-book. 107 p. Disponível em: <[http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca\\_s/aceso\\_login.php?cod\\_acervo\\_acessibilidade=412963&aceso=aHR0cDovL2JpYmxpb3RIY2EuYXNhdi5vcmcuYnlvdmluY3Vsb3MvMDAwMDBDLzAwMDAwQzI1LmVwdWI=&label=aceso%20restrito](http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca_s/aceso_login.php?cod_acervo_acessibilidade=412963&aceso=aHR0cDovL2JpYmxpb3RIY2EuYXNhdi5vcmcuYnlvdmluY3Vsb3MvMDAwMDBDLzAwMDAwQzI1LmVwdWI=&label=aceso%20restrito)>. Acesso em: 23 de out. de 2021.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 1. ed. rev. Lisboa: Edições 70, 2014. 281 p.

BARROS, A. J. P.; NEHFELD, N. A. S. **Fundamentos de metodologia científica**. 3. ed. São Paulo: Pearson, 2007. E-book. 160 p. Disponível em: <[http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca\\_s/aceso\\_login.php?cod\\_acervo\\_acessibilidade=5086389&aceso=aHR0cHM6Ly9taWRkbGV3YXJILWJ2LmFtNC5jb20uYnlvU1NPL1VuaXNpbm9zLzk3ODg1NzYwNTE1NjU=&label=aceso%20restrito](http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca_s/aceso_login.php?cod_acervo_acessibilidade=5086389&aceso=aHR0cHM6Ly9taWRkbGV3YXJILWJ2LmFtNC5jb20uYnlvU1NPL1VuaXNpbm9zLzk3ODg1NzYwNTE1NjU=&label=aceso%20restrito)>. Acesso em: 24 de nov. de 2021.

BASILLE, J. Produtividade na indústria tem terceiro trimestre de queda, aponta CNI. **Valorinveste**, 2021. Disponível em: <<https://valorinveste.globo.com/mercados/brasil-e-politica/noticia/2021/08/31/produtividade-na-industria-tem-terceiro-trimestre-de-queda-aponta-cni.ghtml>>. Acesso em: 25 de set. de 2021.

BORNIA, A. C. **Análise gerencial de custos**: aplicação em empresas modernas. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2010. E-book. 215. p. Disponível em: <[http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca\\_s/aceso\\_login.php?cod\\_acervo\\_acessibilidade=5003627&aceso=aHR0cHM6Ly9vbmxpbmUubWluaGFiaWJsaW90ZWNhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTlyNDg1MDQ4&label=aceso%20restrito](http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca_s/aceso_login.php?cod_acervo_acessibilidade=5003627&aceso=aHR0cHM6Ly9vbmxpbmUubWluaGFiaWJsaW90ZWNhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTlyNDg1MDQ4&label=aceso%20restrito)>. Acesso em 23 de out. de 2021.

CASTRO, S. P. **Trabalho de conclusão de curso (TCC)**: uma abordagem leve, divertida e prática. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2019. E-book. 302 p. Disponível em:

<[http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca\\_s/aceso\\_login.php?cod\\_acervo\\_acessibilidade=5102693&aceso=aHR0cHM6Ly9pbmRIZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZWNhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTcxNDQwNzA4&label=aceso%20restrito](http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca_s/aceso_login.php?cod_acervo_acessibilidade=5102693&aceso=aHR0cHM6Ly9pbmRIZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZWNhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTcxNDQwNzA4&label=aceso%20restrito)>. Acesso em: 19 de nov. de 2021.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de Produção e Operações: O Essencial**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2017. 520 p.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Just In Time, MPR II e OPT**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012. 186 p.

COX, J. F. III; SCHLEIER, J. G. J. **Handbook da Teoria das Restrições**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. E-book. 1225 p. Disponível em: <<https://docero.com.br/doc/sn8svn8>>. Acesso em: 23 de out. de 2021.

DIAS, A. S. **Análise dos gargalos em um processo produtivo: Estudo de caso na empresa ODS INOX**. 2019. 72 p. Monografia (Bacharel em Administração). Departamento de Administração do Centro de Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, 2019.

DUARTE, J.; BARROS, A. (Org.). **Métodos e técnicas de pesquisa em comunicação**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2006. E-book. 380 p. Disponível em: <[http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca\\_s/aceso\\_login.php?cod\\_acervo\\_acessibilidade=5002522&aceso=aHR0cDovL2ludGVncmFkYS5taW5oYWJpYmtpb3RIY2EuY29tLmJyL2Jvb2tzLzk3ODg1MjI0NzQ0MDA=&label=aceso%20restrito](http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca_s/aceso_login.php?cod_acervo_acessibilidade=5002522&aceso=aHR0cDovL2ludGVncmFkYS5taW5oYWJpYmtpb3RIY2EuY29tLmJyL2Jvb2tzLzk3ODg1MjI0NzQ0MDA=&label=aceso%20restrito)>. Acesso em: 23 de out. de 2021.

ESCASSEZ e preços altos das matérias-primas freiam a produção industrial gaúcha, aponta a Fiergs. **O Sul**, 1 de set. de 2021. Disponível em: <<https://www.osul.com.br/escassez-e-precos-altos-das-materias-primas-freiam-a-producao-industrial-gaucha-aponta-a-fiergs/>>. Acesso em: 15 de set. de 2021.

FASSIO, L. DECAPAGEM ÁCIDA: necessidade de remover os produtos da corrosão. **LinkedIn**, 2020. Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/decapagem-%C3%A1cida-necessidade-de-remover-os-produtos-da-leonardo-fassio>. Acesso em: 27 de abr. de 2022.

FLICKR, U. **Introdução à Metodologia de Pesquisa**: um guia para iniciantes. 1. ed. Porto Alegre: Penso, 2012. E-book. 256 p. Disponível em: <[http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca\\_s/aceso\\_login.php?cod\\_acervo\\_acessibilidade=5026724&aceso=aHR0cHM6Ly9pbmRIZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZWNhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTY1ODQ4MTM4&label=aceso%20restrito](http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca_s/aceso_login.php?cod_acervo_acessibilidade=5026724&aceso=aHR0cHM6Ly9pbmRIZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZWNhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTY1ODQ4MTM4&label=aceso%20restrito)>. Acesso em 07 de nov. de 2021.

FOGLIATTO, F. S; FAGUNDES, P. R. M. Troca rápida de ferramentas: proposta metodológica e estudo de caso. **Gestão & Produção**. v. 10. n. 2. p. 163-181, ago. 2003.

FREITAS, S, J. **Avaliação da estabilidade, capacidade e implantação de práticas Lean em obras de infraestrutura e pavimentação viária**. 2015. 119 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

GHINATO, P. Sistema Toyota de produção: mais do que simplesmente Just-in-Time. **Prod.**, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 169-189, dez. 1995.

GIBBS, G. **Análise de dados qualitativos**. Porto Alegre: Bookman: Artmed, 2011. Ebook. 198 p. Disponível em: <[http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca\\_s/aceso\\_login.php?cod\\_acervo\\_acessibilidade=5000130&aceso=aHR0cHM6Ly9pbmRIZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZWNhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTM2MzIxMzMy&label=aceso%20restrito](http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca_s/aceso_login.php?cod_acervo_acessibilidade=5000130&aceso=aHR0cHM6Ly9pbmRIZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZWNhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTM2MzIxMzMy&label=aceso%20restrito)>. Acesso em: 23 de out. de 2021.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2017. E-book. 173 p. Disponível em: <[http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca\\_s/aceso\\_login.php?cod\\_acervo\\_acessibilidade=5021999&acesso=aHR0cHM6Ly9pbmRIZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZWNhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTk3MDEyOTM0&label=acesso%20restrito](http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca_s/aceso_login.php?cod_acervo_acessibilidade=5021999&acesso=aHR0cHM6Ly9pbmRIZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZWNhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTk3MDEyOTM0&label=acesso%20restrito)>. Acesso em: 13 de nov. de 2021.

GIL, A. C. **Estudo de Caso**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 148 p.

GOLDRATT, E. M.; COX, J. **A Meta**: um processo de melhoria contínua. 2ª. ed. São Paulo: Nobel, 2002. 365 p.

GOMES, L. C. **Avaliação da contribuição das técnicas do Sistema Toyota de Produção para os objetivos estratégicos das empresas**. 2001. 132 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001.

GONÇALVES, V. M. **A aplicação dos conceitos do controle da qualidade zero defeitos nos projetos arquitetônicos**. 2004. 47 p. Monografia (Especialização em Administração Industrial) - Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná, 2004.

GUERRA, A. C. Pequenos negócios ainda sentem efeitos da pandemia, diz Sebrae. **Agência Brasil**, 25 de jun. de 2021. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2021-06/pequenos-negocios-ainda-sentem-efeitos-da-pandemia-diz-sebrae>>. Acesso em: 31 de ago. de 2021.

GUIMARÃES, I. K. *et al.* Experiência de Inspeção Sucessiva/Autoinspeção na Alparagas S.A. **XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção**, 2003. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2003\\_tr0103\\_0519.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2003_tr0103_0519.pdf)>. Acesso em: 31 de out. de 2021.

GUSMÃO, S. L. L. **Um modelo conceitual para integração do just-in-time com a teoria das restrições em pequenas e médias empresas industriais**. 1998. 138 p. Dissertação (Mestrado em Administração) – Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

JUST-In-Time versus Just-In-Case. **Konitech**, 31 de ago. de 2020. Disponível em: <<https://www.konitech.com.br/just-in-time-versus-just-in-case/>>. Acesso em: 02 de nov. de 2021.

KIRCHNER, A. *et al.* **Gestão da qualidade: segurança do trabalho e gestão ambiental**. São Paulo: Blucher, 2008. E-book. 189 p. Disponível em: <[http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca\\_s/aceso\\_login.php?cod\\_acervo\\_acessibilidade=5106444&acesso=aHR0cHM6Ly9pbmRIZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZWNhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTIxMjE1NjE1&label=aceso%20restrito](http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca_s/aceso_login.php?cod_acervo_acessibilidade=5106444&acesso=aHR0cHM6Ly9pbmRIZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZWNhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTIxMjE1NjE1&label=aceso%20restrito)>. Acesso em: 03 de nov. de 2021.

KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P.; MALHOTRA, M. K. **Administração de produção e operações**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. E-book. 298 p. Disponível em: <[http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca\\_s/aceso\\_login.php?cod\\_acervo\\_acessibilidade=5086454&acesso=aHR0cHM6Ly9taWRkbGV3YXJILWJ2LmFtNC5jb20uYnIvU1NPL1VuaXNpbm9zLzk3ODg1NzYwNTE3MjU=&label=aceso%20restrito](http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca_s/aceso_login.php?cod_acervo_acessibilidade=5086454&acesso=aHR0cHM6Ly9taWRkbGV3YXJILWJ2LmFtNC5jb20uYnIvU1NPL1VuaXNpbm9zLzk3ODg1NzYwNTE3MjU=&label=aceso%20restrito)>. Acesso em: 10 de mai. de 2022.

LÉLIS, E. C. **Administração da Produção**. 2ª. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2018. E-book. 284 p. Disponível em: <[http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca\\_s/aceso\\_login.php?cod\\_acervo\\_acessibilidade=5130543&acesso=aHR0cHM6Ly9taWRkbGV3YXJILWJ2LmFtNC5jb20uYnIvU1NPL1VuaXNpbm9zLzk3ODg1NDMwMjU1MjA=&label=aceso%20restrito](http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca_s/aceso_login.php?cod_acervo_acessibilidade=5130543&acesso=aHR0cHM6Ly9taWRkbGV3YXJILWJ2LmFtNC5jb20uYnIvU1NPL1VuaXNpbm9zLzk3ODg1NDMwMjU1MjA=&label=aceso%20restrito)>. Acesso em 10 de mai. de 2022.

LIMA, R. F.; CAMPOS, D. N. Aplicação dos fundamentos das 7 perdas do sistema Toyota de produção no setor de alimentação industrial. **Revista de Administração & Ciências Contábeis**, Belo Horizonte, v. 7, n. 1, p. 11-63, 2014.

LOBO, R. N. **Gestão da qualidade**. São Paulo: Érica, 2010. E-book. 193 p. Disponível em:

<[http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca\\_s/aceso\\_login.php?cod\\_acervo\\_acessibilidade=5026105&acesso=aHR0cHM6Ly9pbnRIZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZWNhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTM2NTE3Nzk3&label=acesso%20restrito](http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca_s/aceso_login.php?cod_acervo_acessibilidade=5026105&acesso=aHR0cHM6Ly9pbnRIZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZWNhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTM2NTE3Nzk3&label=acesso%20restrito)>. Acesso em: 30 de out. de 2021.

MAGAZINE LUIZA. **Cronômetro digital regressivo de 2 dígitos CR-5 / 40 Mts – visibilidade – pro digital**. Franca: Magazine Luiza, [2022?]. Disponível em: <[https://www.magazineluiza.com.br/cronometro-digital-regressivo-de-2-digito-cr-5-40-mts-visibilidade-pro-digital/p/ckaf9bj275/es/cron/?partner\\_id=64853&utm\\_source=pdp\\_desk&utm\\_medium=share](https://www.magazineluiza.com.br/cronometro-digital-regressivo-de-2-digito-cr-5-40-mts-visibilidade-pro-digital/p/ckaf9bj275/es/cron/?partner_id=64853&utm_source=pdp_desk&utm_medium=share)>. Acesso em: 11 de mai. de 2022.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2017. E-book. 338 p. Disponível em: <[http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca\\_s/aceso\\_login.php?cod\\_acervo\\_acessibilidade=5021721&acesso=aHR0cHM6Ly9pbnRIZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZWNhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTk3MDEwNzcx&label=acesso%20restrito](http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca_s/aceso_login.php?cod_acervo_acessibilidade=5021721&acesso=aHR0cHM6Ly9pbnRIZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZWNhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTk3MDEwNzcx&label=acesso%20restrito)>. Acesso em: 23 de out. de 2021.

MARQUELLI, C. A. Gargalos de Produção: o que são e por que devem ser eliminados. **Administradores.com**, 12 de mar. de 2008. Disponível em: <<https://administradores.com.br/artigos/gargalos-de-producao-o-que-sao-e-por-que-devem-ser-eliminados>>. Acesso em: 24 de set. de 2021.

MARTINS, G. A. **Estudo de caso**: uma estratégia de pesquisa. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008. E-book. 101 p. Disponível em: <[http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca\\_s/aceso\\_login.php?cod\\_acervo\\_acessibilidade=5001512&acesso=aHR0cDovL29ubGluZS5taW5oYWJpYm9pbnRIZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZWNhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTk3ODg1MjI0NjYwNjE=&label=acesso%20restrito](http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca_s/aceso_login.php?cod_acervo_acessibilidade=5001512&acesso=aHR0cDovL29ubGluZS5taW5oYWJpYm9pbnRIZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZWNhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTk3ODg1MjI0NjYwNjE=&label=acesso%20restrito)>. Acesso em: 05 de nov. de 2021.

MARTINS, G. A.; THEÓPHILO, C. R. **Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas**. 3. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2016. E-book. 239 p. Disponível em: <[http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca\\_s/acesso\\_login.php?cod\\_acervo\\_acessibilidade=5027706&acesso=aHR0cHM6Ly9pbmRIZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZWNhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTk3MDA5MDg4&label=acesso%20restrito](http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca_s/acesso_login.php?cod_acervo_acessibilidade=5027706&acesso=aHR0cHM6Ly9pbmRIZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZWNhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTk3MDA5MDg4&label=acesso%20restrito)>. Acesso em: 23 de out. de 2021.

MARTINS, H. A. **Estudo sobre os conceitos da automação e aplicação de PFMEA para auxílio na implementação de sistemas à prova de erro**. 2009. 111 p. Monografia (Bacharel em Engenharia Mecatrônica) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2009.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2010. 562 p.

MARTINS, R. A.; MELLO, C. H. P.; TURRIONI, J. B. **Guia para elaboração de monografia e TCC em engenharia de produção**. São Paulo: Atlas; 2013. E-book. 212 p. Disponível em: <[http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca\\_s/acesso\\_login.php?cod\\_acervo\\_acessibilidade=5004322&acesso=aHR0cHM6Ly9vbmxpbmUubWluaGFiaWJsaW90ZWNhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTIyNDg2Mzk3&label=acesso%20restrito](http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca_s/acesso_login.php?cod_acervo_acessibilidade=5004322&acesso=aHR0cHM6Ly9vbmxpbmUubWluaGFiaWJsaW90ZWNhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTIyNDg2Mzk3&label=acesso%20restrito)>. Acesso em: 10 de nov. de 2021.

MONDEN, Y. **Sistema Toyota de Produção: uma abordagem integrada ao Just-In-Time**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. E-book. 512 p. Disponível em: <[http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca\\_s/acesso\\_login.php?cod\\_acervo\\_acessibilidade=5006414&acesso=aHR0cHM6Ly9pbmRIZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZWNhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTgyNjAyMTY0&label=acesso%20restrito](http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca_s/acesso_login.php?cod_acervo_acessibilidade=5006414&acesso=aHR0cHM6Ly9pbmRIZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZWNhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTgyNjAyMTY0&label=acesso%20restrito)>. Acesso em: 29 de out. de 2021.

MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações**. 2. Ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 624 p.

NONNEMACHER, G.; PACHECO, D. A. J. Investigando o Processo Decisório de Implantação de Sistemas de Administração da Produção em Pequenas Empresas: um Estudo de Caso no Segmento Têxtil. **IX Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**, 2012. Disponível em: <<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos12/8216201.pdf>>. Acesso em: 15 de out. de 2021.

NOVUS. **Contador NC400-6**. Canoas: Novus, [2022?]. Disponível em: <<https://www.novus.com.br/pt/nc400-6>>. Acesso em: 11 de mai. de 2022.

OHNO, T. O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala. 1. ed. Bookman: Porto Alegre, 1997. 149 p.

O impacto da pandemia de Coronavírus nos Pequenos Negócios – 10ª edição. **FGVPROJETOS**, 2021. Disponível em: <[https://fgvprojetos.fgv.br/sites/fgvprojetos.fgv.br/files/impacto-coronavirus-nas-mpe-10aedicao\\_diretoria-v4.pdf](https://fgvprojetos.fgv.br/sites/fgvprojetos.fgv.br/files/impacto-coronavirus-nas-mpe-10aedicao_diretoria-v4.pdf)>. Acesso em: 10 de out. de 2021.

PAOLESCI, B. **Almoxarifado e gestão de estoques**. 3.ed. São Paulo: Erica, 2019. E-book. 216 p. Disponível em: [http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca\\_s/acesso\\_login.php?cod\\_acervo\\_acessibilidade=5095168&acesso=aHR0cHM6Ly9pbmRIZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZWNhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTM2NTMyNDAw&label=acesso%20restrito](http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca_s/acesso_login.php?cod_acervo_acessibilidade=5095168&acesso=aHR0cHM6Ly9pbmRIZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZWNhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTM2NTMyNDAw&label=acesso%20restrito)> Acesso em: 24 de out. de 2021.

PONZONI, G. **Proposição de um método de auditoria para gestão do posto de trabalho**: um estudo de caso na indústria moveleira. 2018. 26 p. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção). Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2018.

PRATES, C. C.; BANDEIRA, D. L. Aumento de eficiência por meio do mapeamento do fluxo de produção e aplicação do Índice de Rendimento Operacional Global no

processo produtivo de uma empresa de componentes eletrônicos. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 6, n.4, p. 705-718, out/dez. 2011.

PROGRAMA Brasil Mais ajuda MPE'S a melhorar produtividade e competitividade. **G1**, 09 de jul. de 2021. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ma/maranhao/especial-publicitario/sebrae-maranhao/empreenda/noticia/2021/07/09/programa-brasil-mais-ajuda-mpes-a-melhorar-produtividade-e-competitividade.ghtml>>. Acesso em: 25 de set. de 2021.

PROGRAMA Brasil Mais aumenta em 52% a produtividade dos pequenos negócios. **Gov.br**, 31 de ago. de 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/financas-impostos-e-gestao-publica/2021/08/programa-brasil-mais-aumenta-em-52-a-produtividade-dos-pequenos-negocios>>. Acesso em: 25 de set. de 2021.

RAIOS x: Benefícios. FISCHER, [2022?]. Disponível em: <<https://www.helmut-fischer.com/pt/categoria-de-produto/raios-x>>. Acesso em: 01 de mai. de 2022.

REA, L. M.; PARKER, R. A. **Metodologia de pesquisa: do planejamento à execução**. 1. ed. São Paulo: Pioneira, 2000. 262 p.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2017. E-book. 391 p. Disponível em: <[http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca\\_s/aceso\\_login.php?cod\\_acervo\\_acessibilidade=5050776&aceso=aHR0cHM6Ly9pbmRIZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZWNhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTk3MDEzOTQ4&label=aceso%20restrito](http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca_s/aceso_login.php?cod_acervo_acessibilidade=5050776&aceso=aHR0cHM6Ly9pbmRIZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZWNhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTk3MDEzOTQ4&label=aceso%20restrito)>. Acesso em: 23 de out. de 2021.

RODRIGUES, M. V. **Entendendo, aprendendo e desenvolvendo: sistemas de produção Lean Manufacturing**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016. E-book. 149 p. Disponível em: <[http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca\\_s/aceso\\_login.php?cod\\_acervo\\_acessibilidade=5103298&aceso=aHR0cHM6Ly9pbmRIZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZW](http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca_s/aceso_login.php?cod_acervo_acessibilidade=5103298&aceso=aHR0cHM6Ly9pbmRIZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZW)>

NhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTk1MTU1ODE3&label=acesso%20restrito>. Acesso em: 02 de out. de 2021.

ROESCH, S. M. A. **Projetos de estágio e de pesquisa em administração**: guia para estágios, trabalhos de conclusão, dissertações e estudos de caso. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2013. E-book. 308 p. Disponível em: <[http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca\\_s/acesso\\_login.php?cod\\_acervo\\_acessibilidade=5006373&acesso=aHR0cHM6Ly9pbmRIZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZW NhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTlyNDkyNTcy&label=acesso%20restrito](http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca_s/acesso_login.php?cod_acervo_acessibilidade=5006373&acesso=aHR0cHM6Ly9pbmRIZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZW NhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTlyNDkyNTcy&label=acesso%20restrito)>. Acesso em: 23 de out. de 2021.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar**: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003. E-book. 127 p.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. P. B. **Metodologia de Pesquisa**. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2013. E-book. 612 p. Disponível em: <[http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca\\_s/acesso\\_login.php?cod\\_acervo\\_acessibilidade=5022168&acesso=aHR0cHM6Ly9pbmRIZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZW NhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTY1ODQ4MzY3&label=acesso%20restrito](http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca_s/acesso_login.php?cod_acervo_acessibilidade=5022168&acesso=aHR0cHM6Ly9pbmRIZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZW NhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTY1ODQ4MzY3&label=acesso%20restrito)>. Acesso em: 12 de nov. de 2021.

SHIGEO Shingo, 81, Productivity Expert for Japan Industry. **The New York Times**, 17 de nov. de 1990. Disponível em: <<https://www.nytimes.com/1990/11/17/obituaries/shigeo-shingo-81-productivity-expert-for-japan-industry.html>>. Acesso em: 30 de out. de 2021.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção**. Porto Alegre: Bookman, 2017. E-book. 281 p. Disponível em: <[http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca\\_s/acesso\\_login.php?cod\\_acervo\\_acessibilidade=5059210&acesso=aHR0cHM6Ly9pbmRIZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZW](http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca_s/acesso_login.php?cod_acervo_acessibilidade=5059210&acesso=aHR0cHM6Ly9pbmRIZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZW)>

NhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTc3ODAwOTk1&label=acesso%20restrito>. Acesso em: 30 de out. de 2021.

SILVA, L. S. Gestão do conhecimento: uma revisão crítica orientada pela abordagem da criação do conhecimento. **Ci. Inf.**, Brasília, v. 33, n. 2, p. 143-151, maio/ago. 2004.

SILVA, L. V.; MACHADO, Li.; SACCOL, A (Org.); AZEVEDO, D. **Metodologia de Pesquisa em Administração**: Uma abordagem prática. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2012. E-book. 119 p. Disponível em: <[http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca\\_s/acesso\\_login.php?cod\\_acervo\\_acessibilidade=412961&acesso=aHR0cDovL2JpYm9pb3RlY2EuYXNhdi5vcmcuYnIvdmluY3Vsb3MvMDAwMDBDLzAwMDAwQzI0LmVwdWI=&label=acesso%20restrito](http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca_s/acesso_login.php?cod_acervo_acessibilidade=412961&acesso=aHR0cDovL2JpYm9pb3RlY2EuYXNhdi5vcmcuYnIvdmluY3Vsb3MvMDAwMDBDLzAwMDAwQzI0LmVwdWI=&label=acesso%20restrito)>.

Acesso em: 23 de out. de 2021.

SILVEIRA, R. J. A. J.; MENEZES, F. M.; NUNES, F. L. O Índice de Rendimento Operacional Global e a Troca Rápida de Ferramentas aliadas à eficiência de uma aplicadora de adesivos. **XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2015. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STO\\_206\\_226\\_27567.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_206_226_27567.pdf)>. Acesso em: 02 de nov. 2021.

SLACK, N *et al.* **Administração da Produção**. 8. Ed. São Paulo: Atlas, 2018. E-book. 810 p. Disponível em: <[http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca\\_s/acesso\\_login.php?cod\\_acervo\\_acessibilidade=5045357&acesso=aHR0cHM6Ly9pbmRlZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZWNhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTk3MDE1Mzg2&label=acesso%20restrito](http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca_s/acesso_login.php?cod_acervo_acessibilidade=5045357&acesso=aHR0cHM6Ly9pbmRlZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZWNhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTk3MDE1Mzg2&label=acesso%20restrito)>. Acesso em 24 de out. de 2021.

SOUZA, F. A. P. **Organização da construção de edificações enfocando as filosofias e princípios da organização da produção**: Um estudo de caso. 1997. 211 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1997.

TISCHER, L. **Perfil diferencial do administrador do Vale dos Sinos**. 1999. 198 p. Dissertação (Mestrado em Administração). Escola de Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1999.

VELOSO, R. Engenharia de valor — Um aspecto focado na redução de custos e valorização de serviços e produtos. **HOUER**, 11 de jun. de 2019. Disponível em: <<https://blog.houer.com.br/engenharia-de-valor/>>. Acesso em: 30 de out. de 2021.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. E-book. 270 p. Disponível em: <[http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca\\_s/aceso\\_login.php?cod\\_acervo\\_acessibilidade=5006082&acesso=aHR0cHM6Ly9pbmRIZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZWNhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTgyNjAyMzI0&label=acesso%20restrito](http://www.biblioteca.asav.org.br/biblioteca_s/aceso_login.php?cod_acervo_acessibilidade=5006082&acesso=aHR0cHM6Ly9pbmRIZ3JhZGEubWluaGFiaWJsaW90ZWNhLmNvbS5ici9ib29rcy85Nzg4NTgyNjAyMzI0&label=acesso%20restrito)>. Acesso em: 05 de nov. de 2021.

## APÊNDICE A – ENTREVISTA

### **Roteiro dos temas adotados para as entrevistas:**

- *Atrasos em entregas;*
- *Retrabalho;*
- *Tempos de processo;*
- *Movimentação de funcionários;*
- *Manutenção de máquinas.*

## APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO

**Questionário aplicado aos funcionários do setor de beneficiamento em zinco ácido:**

- 1- Qual etapa do processo gera mais retrabalho?*
- 2 – Por qual razão este retrabalho é frequente?*
- 3 – Como acredita que este retrabalho pode ser minimizado?*
- 4 – Qual etapa do processo necessita de mais tempo?*
- 5 – Por qual razão esta etapa demanda mais tempo?*
- 6 – Como acredita que este tempo pode ser minimizado?*