

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**HUGO MIGUEL RIBEIRO OLIVEIRA**

**APLICABILIDADE DA FILOSOFIA ENXUTA EM INDÚSTRIAS DE  
PROCESSO CONTÍNUO: UM ESTUDO DE CASO**

**MONOGRAFÍA**

**PONTA GROSSA**

**2015**

**HUGO MIGUEL RIBEIRO OLIVEIRA**

**APLICABILIDADE DA FILOSOFIA ENXUTA EM INDÚSTRIAS DE  
PROCESSO CONTÍNUO: UM ESTUDO DE CASO**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia de Produção, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Luis Mauricio Resende.

**PONTA GROSSA**

**2015**



Ministério da Educação  
**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**CAMPUS PONTA GROSSA**  
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Curso de Especialização em Engenharia de Produção



## FOLHA DE APROVAÇÃO

### APLICABILIDADE DA FILOSOFIA ENXUTA EM INDÚSTRIAS DE PROCESSO CONTÍNUO: UM ESTUDO DE CASO.

por

**Hugo Miguel Ribeiro Oliveira**

Esta monografia foi apresentada no dia 28 de março de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de ESPECIALISTA EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

**Prof. Dr. Luis Mauricio de Resende**  
**(UTFPR)**  
Orientador

Visto do Coordenador:

**Prof. Dr. Luis Mauricio de Resende**  
Coordenador  
UTFPR – Câmpus Ponta Grossa

Dedico este trabalho à minha esposa  
Mónica e o meu filho Luka.

## **AGRADECIMENTOS**

A minha esposa Monica e o meu filho Luka por serem as minhas fontes de inspiração e motores da minha vida.

Ao meu diretor Aurélio Zoelner, um profissional exemplar, que foi de um grande apoio durante a minha fase de integração no Brasil e que permitiu de rapidamente me adaptar a cultura ponta-grossense.

Ao orientador Prof. Dr. Luis Mauricio, por compartilhar seu amplo conhecimento e dar-me sabias orientações neste trabalho de pesquisa.

Ao grande profissional da secretaria do PPGEF, Júlio Cezar.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa, que me permitiu descobrir a excelência do ensino universitário brasileiro.

“Perseverance, secret of all triumphs.”  
(Victor Hugo)

## RESUMO

RIBEIRO OLIVEIRA, Hugo Miguel. **Aplicabilidade da filosofia enxuta em indústrias de processo contínuo: Um estudo de caso.** 2015. 53 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2015.

A filosofia enxuta pode ser vista como uma abordagem sistemática para identificar e eliminar as atividades sem valor agregado assim como desperdícios através de conceitos de melhoria contínua e harmonização do processo de produção, com o intuito de melhorar as organizações em termos de produtividade e eficiência, e com a finalidade de chegar o mais próximo possível da excelência operacional. No caso de processos contínuos de produção, tais como cimento, papel, bebidas, e produtos químicos, a aplicação dos conceitos enxutos é sinônimo de desafio principalmente devido à quase inexistência de estoques em processo, e quase independência de fornecedores. Contudo, algumas ferramentas da manufatura enxuta foram adaptadas com sucesso aos processos contínuos com o objetivo de melhorar as organizações a fim de atingir a excelência operacional. Uma delas, é o Mapeamento do Fluxo de Valor, também conhecido com Value Stream Mapping (VSM). No quadro do trabalho desta pesquisa, o objetivo primeiro foi verificar a aplicabilidade da filosofia enxuta em indústrias com processos de fabricação contínuos. O autor verificou a dita aplicabilidade na empresa XYZ, uma mineradora de carbonato de cálcio moído seco fino localizada nos Campos Gerais, Paraná, com o intuito de validar o conceito. Foi preparado o estado atual da empresa XYZ e o estado desejado (ou recomendado). Ferramentas tal como brainstorming, diagrama de Ishikawa, Project Charter, diagrama de Pareto, 5W2H e KPIs foram essenciais na elaboração deste trabalho. Foi demonstrado que a filosofia enxuta, derivada da indústria automobilística, pode ser usada em segmentos com processos de fabricação contínuos, tal como na mineradora XYZ. O grande desafio no caso desta última é implementar melhorias em uma estrutura extremamente enxuta, aonde a mentalidade enxuta existe graças ao alto nível de automação da unidade fabril.

**Palavras-chave:** Filosofia Enxuta, Manufatura Enxuta. Processo contínuo. Mapeamento do Fluxo do Valor. DMAIC.

## ABSTRACT

RIBEIRO OLIVEIRA, Hugo Miguel. **Applicability of lean philosophy to continuous process-based industries: a case study**. 2015. 53 p. Monography (Specialization in Production Engineering) – Postgraduate Program in Production Engineering, Federal Technological University of Paraná, Ponta Grossa, 2015.

Lean philosophy can be seen as a systematic approach to identify and eliminate non-value added activities as well as waste through continuous improvement concepts and harmonization of the production process, with the aim to improve the organization in terms of productivity and efficiency and to get as close as possible to operational excellence. For continuous production processes, such as cement, paper, beverages, and chemicals, the application of lean concepts is synonymous with challenge mainly due to the virtual absence of process inventory, and almost independency of suppliers. However, some tools of lean manufacturing have been adapted successfully to continuous processes in order to improve the organizations to achieve operational excellence. One of them is the Value Stream Mapping (VSM). Within the framework of this research work, the primary objective was to verify the applicability of lean philosophy in industries with continuous manufacturing processes. The author verified the said applicability in XYZ, a mining firm of fine dry ground calcium carbonate located in Campos Gerais, Paraná, with the goal to validate the concept. The current state of XYZ firm as well as the desired state (or recommended) were worked out. Tools such as brainstorming, Ishikawa diagram, Project Charter, Pareto diagram, 5W2H and KPIs were essential in the preparation of this work. It was shown that lean philosophy, derived from the automotive industry, can be applied in segments with continuous manufacturing processes, as in the XYZ firm. The big challenge in the case of the latter is to implement improvements in an extremely lean structure, where lean thinking exists thanks to the high level of automation of the entire plant.

**Keywords:** Lean Philosophy. Lean Manufacturing. Continuous Process, Value Stream Mapping. DMAIC.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Exemplo VSM .....	23
Figura 2 – Processo de micronização através de um Raymond Mill .....	33
Figura 3 – Estrutura de um Raymond Mill .....	33
Figura 4 – DMAIC.....	35
Figura 5 – VSM Atual Empresa XYZ .....	42
Figura 6 – VSM Desejado Empresa XYZ .....	48
Fotografia 1 – Calcita (Lasca de Mármore) de Alta Alvura .....	30
Fotografia 2 – Carbonato de Cálcio Moído Fino Seco.....	31
Gráfico 1 – Exemplo de Diagrama de Pareto .....	38
Gráfico 2 – Diagrama de Pareto dos Custos Operacionais da Empresa XYZ.....	43
Gráfico 3 – Diagrama de Ishikawa da Empresa XYZ .....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Ferramentas Enxutas .....	22
Tabela 2 – Conceitos de Implementação de Lean .....	27
Tabela 3 – Processo Contínuo vs. Processo em Massa ou por Bateladas .....	28
Tabela 4 – Project Charter .....	41
Tabela 5 – Analise 5W2H.....	46
Tabela 6 – KPIs Empresa XYZ.....	49

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

CaCO <sub>3</sub>	Carbonato de cálcio
VSM	Value Stream Mapping (Mapeamento do Fluxo do Valor)
LM	Lean Manufacturing (Manufatura enxuta)
STP	Sistema Toyota de Produção
GCC	Ground Calcium Carbonate (Carbonato de Cálcio Moído)
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
KPI	Key Performance Indicator
ISO	International Organization for Standardization
OHSAS	Occupational Health & Safety Advisory Services
LATAM	Latin America
PR	Estado do Paraná
SC	Estado de Santa Catarina
SP	Estado de São Paulo
CG	Região dos Campos Gerais
OEE	Overall Equipment Effectiveness
SCM	Supply Chain Management
BRL	Real Brasileiro
USD	Dólar Americano
MO	Mão de Obra
dmt	Dry Metric Tons
ERP	Enterprise Resource Planning
WIP	Work-in-process

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA .....	15
1.2 PERGUNTA DE PARTIDA.....	15
1.3 OBJETIVOS.....	16
1.3.1 OBJETIVO GERAL .....	16
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
1.4 JUSTIFICATIVA.....	16
1.5 ESTRUTUA DO TRABALHO .....	17
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>18</b>
2.1 MANUFATURA ENXUTA: ORIGENS .....	18
2.2 MANUFATURA ENXUTA: PRINCÍPIOS .....	19
2.3 MANUFATURA ENXUTA: TÉCNICAS E FERRAMENTAS .....	21
2.4 MANUFATURA ENXUTA: <i>VALUE STREAM MAPPING</i> .....	23
2.5 MANUFATURA ENXUTA: CULTURA.....	24
2.6 MANUFATURA ENXUTA: IMPLEMENTAÇÃO.....	25
2.7 PROCESSO CONTÍNUO.....	28
2.8 ANÁLISE DE ESTUDOS DE CASO – PROCESSOS CONTÍNUOS .....	28
2.9 CARBONATO DE CALCIO MOIDO SECO.....	30
2.9.1 ROCHA CALCÁRIA .....	30
2.9.2 USOS INDUSTRIAIS .....	31
2.9.3 PROCESSOS INDUSTRIAIS.....	32
2.10 CONSIDERAÇÕES .....	34
<b>3 MÉTODOLOGIA</b> .....	<b>35</b>
3.1 DMAIC .....	35
3.1.1 ETAPA <i>DEFINE</i> (DEFINIR) .....	35
3.1.2 ETAPA <i>MEASURE</i> (MEDIR).....	36
3.1.3 ETAPA <i>ANALYZE</i> (ANALISAR).....	36
3.1.4 ETAPA <i>IMPROVE</i> (MELHORAR) .....	36
3.1.5 ETAPA <i>CONTROL</i> (CONTROLAR).....	36
3.2 <i>BRAINSTORMING</i> .....	37
3.3 CARTA DE PROJETO - <i>PROJECT CHARTER</i> .....	37
3.4 DIAGRAMA DE PARETO .....	38
3.5 DIAGRAMA DE ISHIKAWA .....	38
3.6 5W2H.....	39
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>40</b>
4.1 DEFINIR.....	40
4.1.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA XYZ .....	40
4.1.2 PROJECT CHARTER.....	40

4.2 MEDIR .....	42
4.2.1 MAPEAMENTO DO FLUXO DO VALOR ATUAL DA EMPRESA XYZ .....	42
4.2.2 DIAGRAMA DE PARETO .....	43
4.2.3 DISCUSSÃO .....	43
4.3 ANALISAR .....	44
4.3.1 DIAGRAMA DE ISHIKAWA .....	44
4.3.2 DISCUSSÃO .....	45
4.4 MELHORAR .....	46
4.4.1 5W2H .....	46
4.4.2 DISCUSSÃO .....	47
4.5 CONTROLAR .....	48
4.5.1 MAPEAMENTO DO FLUXO DO VALOR DESEJADO DA EMPRESA XYZ ...	48
4.5.2 KPIS .....	49
4.5.3 DISCUSSÃO FINAL .....	49
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>50</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>51</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O conceito de Manufatura Enxuta, também conhecida como *Lean Manufacturing* ou Sistema Toyota de Produção, pode ser visto como uma abordagem sistemática para identificar e eliminar as atividades sem valor agregado e os desperdícios através de conceitos de melhoria contínua e harmonização do processo de produção, com o intuito de melhorar as organizações em termos de produtividade e eficiência a fim de chegar o mais próximo possível da excelência operacional (WOMACK; JONES; ROOS, 1992)

O conceito de manufatura enxuta originou-se no setor de fabricação de automóveis. O modelo de Henry Ford de produção em massa baseado em três elementos-chave, como transportadores, divisão do trabalho e uma cadeia de suprimentos integrada, hoje em dia não atende as necessidades organizacionais do século XXI devido ao desperdício operacional associado com esta filosofia. Contudo, o “Fordismo” foi o precursor em termos de sistema de manufatura e a base do desenvolvimento do Sistema Toyota de Produção. O “Toyotismo” é considerado uma evolução importante do “Fordismo” visto que o grande foco do modelo está na eliminação de desperdícios, além da busca constante da melhoria contínua da eficiência do sistema organizacional com o objetivo de incrementar produtividade (FORD, 1926) (MONDEN, 1984).

O modelo de manufatura enxuta foi sobretudo implementado em indústrias de produção em linha e por bateladas como fabricação de automóveis, eletrodomésticos, produtos, têxteis, etc, assim como em serviços em grande escala como bancos, seguros e transporte aéreo. O sistema Toyota de produção se espalhou amplamente nos segmentos mencionados acima devido ao fato da importância e dependência das cadeias de suprimentos de vários componentes necessários e pertinentes na produção ou montagem de um produto final, ou seja, a integração do fornecedor com o cliente. Neste contexto, várias ferramentas enxutas são utilizadas para integrar fornecedores, fabricantes e armazéns de forma eficiente para que a mercadoria ou componentes sejam produzidos e distribuídos em quantidades certas, para os locais certos, e na hora certa, assim otimizando estoques em processo (WIP – Work-in-Process). O fornecedor sendo o ponto inicial da cadeia de suprimentos é enxergado como um fator de extrema importância em

uma produção enxuta. Muitas empresas aplicando a filosofia enxuta veem os seus fornecedores sendo uma parte da equipe (WOMACK; JONES; ROOS, 1992).

Em uma produção em massa ou por bateladas tradicional, o inventário de estoques em processo (WIP) nos buffers é/ou nas filas é próprio a este tipo de produção, onde o inventário é mantido no mínimo possível, comumente conhecido como *Just-in-Time* (JIT), considerando problemas (ou atrasos) potenciais de entrega ou retrabalho dos componentes (OHNO, 1997).

No caso de processos contínuos de produção, tais como cimento, papel, bebidas, e produtos químicos, a aplicação dos conceitos enxutos é sinônimo de desafio principalmente devido à quase inexistência de estoques em processo e quase independência de fornecedores. Em poucas palavras, o conceito de “Just-in-Time” é inerente aos processos contínuos visto que o processo é geralmente muito inflexível, fortemente automatizado requerendo pouca intervenção humana, e requerendo um mínimo de estoque de produtos, além que todas as estações de trabalho estão interconectadas em sequência linear (MONDEN, 1984).

Contudo, algumas ferramentas da manufatura enxuta foram adaptadas com sucesso aos processos contínuos, com o objetivo de melhorar as organizações a fim de atingir a excelência operacional. Uma delas, é o Mapeamento do Fluxo de Valor, também conhecido com *Value Stream Mapping* (VSM), que será o foco principal deste trabalho. As ferramentas enxutas que podem ser aplicadas são de extrema importância para as organizações com processos contínuos a fim de manter e/ou melhorar a competitividade (MAHAPATRA; MOHANTY, 2007).

## 1.1 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

No quadro deste trabalho será abordado o processamento industrial de carbonato de cálcio moído seco na empresa XYZ do Estado do Paraná, desde da jazida até o cliente final.

A empresa XYZ foi selecionada devido ao fato que se trata de um processo contínuo onde apenas uma ferramenta da manufatura enxuta foi implementada (5S). A delimitação teórica deste estudo é restringida a verificar a aplicabilidade da ferramenta *Value Stream Mapping* (VSM), ou conhecida em português como Mapeamento do Fluxo do Valor.

## 1.2 PERGUNTA DE PARTIDA

Todos segmentos industriais estão sob pressão devido à instabilidade econômica global. Muitas vezes essas empresas buscam amenizar essas volatilidades econômicas através de otimização de processos industriais a fim de abaixar custos operacionais e incrementar a produção. Isto é particularmente válido em empresas com processos de fabricação contínuos. Esta pesquisa é principalmente direcionada para responder a seguinte pergunta:

**É possível utilizar e aplicar conceitos da manufatura enxuta desenvolvidos para a indústria automobilística a uma planta de beneficiamento de carbonato de cálcio da indústria da mineração com a finalidade de otimizar a unidade fabril?**

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo principal consiste em comprovar a aplicabilidade do Mapeamento do Fluxo de Valor em uma indústria com processo de fabricação contínuo.

### 1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste estudo são:

- a) Avaliar a aplicabilidade da ferramenta Mapeamento do Fluxo de Valor em uma indústria de processo contínuo;
- b) Desenvolver o mapa de fluxo de valor no estado atual da empresa;
- c) Identificar e implementar as possibilidades de melhorias no processamento industrial de carbonato de cálcio moído seco da empresa XYZ.

## 1.4 JUSTIFICATIVA

Em um mundo em plena evolução, onde empresas buscam melhorias contínuas nos processos industriais a fim de manter a competitividade nacional e internacional, quando não falando de sobrevivência, muitas se preocupam primeiramente, quando não dizendo somente, em otimizar tecnicamente a maquinaria ou equipamentos existentes a fim de principalmente reduzir os custos operacionais.

Do ponto de vista acadêmico, esta pesquisa busca a evidenciar da potencialidade da utilização de ferramentas oriundas da indústria automobilística com a finalidade de manter ou melhorar a competitividade nacional e internacional de firmas com processos de fabricação contínuo, tal como na empresa XYZ, uma mineradora de carbonato de cálcio moído seco.

## 1.5 ESTRUTUA DO TRABALHO

Esta monografia foi dividida em 5 capítulos que são os seguintes:

No capítulo 1 é feita a introdução deste trabalho, incluso a delimitação da pesquisa, a hipótese, os objetivos assim como a justificativa.

No capítulo 2 é abordado o referencial teórico deste trabalho com o intuito de expor os conceitos da manufatura enxuta, apresentar as diferenças entre um processo contínuo e em massa, evidenciar a literatura existente englobando os temas da manufatura enxuta e processo contínuo, assim como explicar o processo industrial de uma mineradora de carbonato de cálcio moído seco.

No capítulo 3 é apresentado a metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho.

No capítulo 4 é apresentado os resultados encontrados no quadro deste estudo e realizado a discussão dos mesmos.

No capítulo 5 é apresentado as conclusões encontradas no quadro deste estudo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo é abordado a fundamentação teórica principalmente referente aos temas da manufatura enxuta, processo contínuo e aplicação de conceitos de *lean manufacturing* em indústrias de processo contínuo. Ademais, o autor aborda e conclui com uma explanação referente o processamento de carbonato de cálcio moído seco.

### 2.1 MANUFATURA ENXUTA: ORIGENS

A primeira pessoa que realmente revolucionou os métodos de produção foi Henry Ford em 1913, com a primeira linha de montagem em processo contínuo. Ford teve a ideia de casar vários princípios como a instalação de uma linha de montagem móvel e a padronização de produzir em grandes lotes, utilizando peças intercambiáveis. O público em geral enxergava este novo tipo de organização do trabalho como monótono e repetitivo, mas do ponto de vista da engenharia de produção as vantagens eram substanciais (FORD, 1926).

Ford reajustava com frequências as etapas de fabricação para obter um processo sequencial. Começou a usar máquinas dedicadas assim como indicadores para a fabricação e montagem de componentes em um tempo mínimo, além de integrar diretamente na linha de montagem esses menos componentes. O problema com o sistema Ford não foi o fluxo contínuo visto que os estoques de toda a empresa podiam ser utilizados em poucos dias. O problema em realidade era sim a sua incapacidade de oferecer variedade. O Modelo T não foi apenas limitado a uma cor, mas também foi limitado por uma única especificação, o que significa que todos os chassis Modelo T eram absolutamente idênticos ao fim da produção em 1926. Cada máquina na empresa trabalhava em um único componente, aonde não havia praticamente nenhuma alteração (FORD, 1926).

Quando os clientes começaram a pedir mais escolha, Ford não percebeu essa nova tendência do mercado, enquanto as outras montadoras já tinham respondido a demanda de variedade de modelos e opções com novos sistemas de produção, porém aonde as fases de concepção e fabricação eram mais longas, aumentando assim o prazo de entregue dos veículos, chegando a atrasos substanciais. Para tentar compensar esse tempo de fabricação maior, as

montadoras adquiriram máquinas maiores e mais rápidas, requerendo também um inventário de componentes maior. A medida de incremento da complexidade de fabricação, os atrasos na linha de fabricação tornaram-se cada vez piores (FORD, 1926).

Nos anos 30 e principalmente após a Segunda Guerra Mundial, Kiichiro Toyoda, Taiichi Ohno e outros da Toyota analisaram está o conceito de Ford de perto. Sugeriram melhorar o pensamento original do Fordismo com algumas inovações e ideais simples para garantir um fluxo contínuo e uma grande variedade de produtos. A partir daí, começou o famoso sistema Toyota de produção (OHNO, 1997).

O sistema Toyota de produção enxergava que em um contexto de baixo crescimento econômico e da diversificação de produtos acabados, era necessário limitar a produção e só fabricar veículos que sabiam que eram capazes de vender. O estabelecimento de tal sistema implicou a limitação do tamanho dos lotes de produção e a mudança frequente e rápida de ferramentas. Além disso, a filosofia do sistema Toyota de produção exige que os engenheiros de produção veem um fluxo de produtos ao longo do processo, e não analisarem a linha de montagem de forma individual, ou seja, por máquina (OHNO, 1997).

## 2.2 MANUFATURA ENXUTA: PRINCÍPIOS

A conceituação da manufatura enxuta é derivada do trabalho Womack, Jones e Roos (1992). Esta formalização iniciou-se em um primeiro livro que se tornou um ponto de referência "A Máquina que Mudou o Mundo". Os conceitos foram expandidos para outros sectores fora da indústria automóvel, o que deu um segundo livro de referência "Lean Thinking" (WOMACK; JONES, 2004). Segundo Womack, Jones e Roos (1992), os 5 princípios fundamentais da manufatura enxuta na eliminação dos desperdícios são a especificação do valor, a identificação da cadeia de valor, o fluxo de valor, produção puxada e busca da perfeição.

A especificação do valor: o primeiro princípio do valor da manufatura enxuta remete diretamente ao valor percebido do cliente. A ideia é que você tem que oferecer ao cliente o que ele quer e não o que a sua produção permite fazer. Por trás da ideia de valor, também é considerado a ideia de "não-valor", isto é, tudo o

que é utilizado para produzir o produto ou o serviço, mas que não traz valor para o produto, ou seja, desperdício.

O fluxo de valor: O segundo princípio introduz o conceito de fluxo de valor. Este conceito é fundamental porque traz consigo o processo de visão. A visualização do fluxo induz a otimização do fluxo de maneira sistêmica e global. O fluxo de valor também permite a análise de valor a cada nível do processo de modo que o valor pode ser otimizado e o desperdício eliminado.

A identificação da cadeia de valor: O terceiro princípio refere a noção de identificação da cadeia de valor a fim de garantir que o valor esteja constantemente em movimento para evitar desperdício, assim como estoques excessivos, em outras palavras, dinheiro parado.

Produção puxada: Puxar o fluxo é baseado na ideia que para iniciar as atividades a montante do sistema, primeiramente tem que existir um retorno do sistema abaixo, ao contrário do sistema empurrado aonde não existe retorno. O sistema puxado proporciona melhoria operacional na gestão do fluxo uma vez que apenas o que é pedido pelo cliente é realizado ou fabricado, ou seja, o produto que é entregue é ajustado às necessidades do cliente.

Busca da perfeição: O quinto e último princípio fundamental de Womack, Jones e Roos (1992) remete a noção de perfeição ou zero desperdício, aonde está não se limita à ideia de proporcionar uma qualidade de produto ou serviço, mas também oferecer ao cliente o produto cujo valor está alinhado com as necessidades do cliente. Por trás da busca da perfeição tem também a ideia de melhoria contínua a fim de atingir uma excelência operacional.

### 2.3 MANUFATURA ENXUTA: TÉCNICAS E FERRAMENTAS

Primeiramente, é de extrema importância ressaltar o conceito de desperdícios desenvolvido por Ohno (1997) no quadro do sistema Toyota de produção. Para o autor, o desperdício pode estar categorizado como:

- a) Superprodução: Produzir mais produto do que o necessário;
- b) Estoque: Qualquer componente em excesso para produzir o produto;
- c) Espera: Operador ou máquina ociosa;
- d) Transporte: Qualquer movimentação de material que não agrega valor ao produto;
- e) Defeitos: Produzir peças defeituosas;
- f) Movimentação: Movimento de pessoas ou máquinas que não agrega valor ao produto;
- g) Processamento desnecessário: Qualquer processo que não agrega valor ao produto.

Embora certas técnicas e ferramentas enxutas não são aplicáveis a organizações com processos contínuos, é primordial explorar brevemente as principais ferramentas enxutas. A tabela 1, desenvolvida por Mahapatra e Mohanty (2007), ajuda na compreensão do objetivo dessas últimas.

<b>Ferramentas</b>	<b>Comentários</b>
Trabalho Padrão	Trabalhos são divididos em elementos e examinados para determinar o melhor e mais seguro método para cada um
Organização no local de trabalho (conceito 5S)	Seiri (utilização), Seiton (arrumação), Seiso (limpeza), Seiketsu (normalizar) e Shitsuke (disciplina)
Fábrica Visual	As informações são disponibilizadas e compreensíveis numa olhada
POUS (Point-of-use-storage )	Localize todas as peças, matérias-primas, ferramentas e equipamentos o mais próximo possível ao ponto de utilização
Qualidade na Fonte	Dispositivos de prevenção de erros (por exemplo Pokayoke)
Equipes	Barreiras departamentais são eliminados e substituídos por equipes multifuncionais
Kanban	Um sistema de informação que controla (puxa) as peças necessárias, nas quantidades necessárias, no tempo necessário
Kaizen	Melhoria contínua
SMED (Single Minute Exchange of Die)	Sistema para reduzir drasticamente o tempo que se necessita para realizar as trocas de equipamentos
Fluxo Contínuo (One piece flow)	Para minimizar o trabalho em processo, os operadores se concentram em completar uma parte da operação antes de iniciar a próxima parte
Células	Colocação adequada de máquinas
Manutenção Produtiva Total (TPM)	Consiste de um programa amplo de manutenção de equipamentos que abrange o ciclo de vida do equipamento e requer a participação de todos os funcionários
Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM)	Um método de mapear visualmente a cadeia de fluxo de produção de um produto, incluindo materiais e fluxo de informações, da doca ao estoque. É preciso uma visão holística da atividade necessária (tanto em termos de valor agregado e desperdício) para movimentar um produto a partir da matéria-prima até o cliente final.
TAKT time	TAKT é a relação entre o grau de necessidade que o cliente necessita o produto e o tempo disponível para a produção do mesmo produto. $TAKT \text{ tempo} = (\text{Tempo de Trabalho Disponível} / \text{Demanda Cliente})$ por dia.

Fonte: Adaptado de Mahapatra et al (2007)

Tabela 1 – Ferramentas Enxutas

## 2.4 MANUFATURA ENXUTA: VALUE STREAM MAPPING

O mapeamento do fluxo de valor é uma das principais ferramentas da manufatura enxuta que permite analisar o estado atual de uma cadeia valor (fluxo de valor). Uma cadeia de valor é o conjunto de atividades necessária para transformar as expectativas clientes ou beneficiários em produtos ou serviços. A cadeia de valor pode ter um ou vários processos.

O mapeamento do fluxo de valor revela problemas e áreas de melhoria num processo desde de fornecedores até o cliente final.

Um VSM é uma ferramenta extremamente útil para rastrear o fluxo físico de materiais, peças ou produtos ao longo do processo, tendo em conta problemas e desvios no processo.

O mapeamento é realizado usando pictogramas, símbolos simples cujo conhecimento é de fácil leitura e compreensão que permite de identificar áreas de melhoria. O VSM, ilustrado esquematicamente na Figura 1, permite a diferentes funcionários de vários níveis de uma organização de uma empresa de ter uma visão e compreensão de todas as informações e fluxos físicos.



Figura 1 – Exemplo VSM

Fonte: Georges (2010)

O VSM é uma ferramenta que permite a visualização simultânea do fluxo físico, dos fluxos de informação e suas interações. A VSM permite de entender a complexidade, identificar as deficiências de uma firma, assim como evidenciar os processos gerando valor agregado e aqueles que não geram valor agregado.

## 2.5 MANUFATURA ENXUTA: CULTURA

A cultura enxuta é principalmente baseada na compreensão do valor do produto percebido pelos clientes e na ênfase nos processos chaves a fim de melhorar de maneira perpetua o valor do produto final. O objetivo desta cultura é fornecer o valor perfeito aos clientes através da criação de produto ou serviço sem geração de nenhum desperdício no processo. Neste contexto, o pensamento enxuto muda o foco da gerência, que abrange a otimização das tecnologias, produtos, organograma e outros, a fim de otimizar os fluxos de trabalho e serviços em toda a cadeia de valor (LIKER, 2005).

A criação de uma cultura enxuta forte em uma organização é um elemento critico a fim de sustentar uma produção e/ou serviço enxuto. Nesse intuito, as empresas precisam de funcionários treinados, comprometidos, e confiáveis que promovam e espalhem o pensamento enxuto dentro das empresas. Uma cultura enxuta bem implementada permite aos gerentes de delegar aos funcionários a implementação de melhorias contínuas em busca da excelência operacional (LIKER, 2005).

Os 14 princípios de gestão de Deming (1986) servem de base para que gestores possam criar uma cultura de melhoria contínua dentro das organizações. Os princípios do sistema Toyota de produção, como definido por Deming (1986), constituem a base filosófica para fomentar a qualidade através da concepção de sistemas que promovam fazer as coisas certo da primeira vez (doing the right things first time).

De acordo com os princípios de Deming (1986), quando a qualidade é a força motriz da cultura empresarial, a eficiência e a produtividade incrementam e os custos operacionais baixam, que por sua vez, permite à organização de reduzir os

preços, atrair uma maior fatia de mercado, aumentar os lucros e melhorar a satisfação ao cliente.

Como parte importante da cultura enxuta, é de extrema importância reconhecer o cliente como uma prioridade, além de enxergar o capital humano como o recurso mais importante para alcançar o nível mais elevado da qualidade através de melhorias contínuas. Esta filosofia deve ser apoiada por um sistema de gestão adequado que permite que a todos os funcionários de perseguir metas mais elevadas de qualidade, identificando os desperdícios sem ser julgado ou prejudicado, e permitindo que eles usem as ferramentas de melhoria contínua a fim de redesenhar um fluxo do valor mais eficiente e livre de desperdícios.

Os princípios de gerenciamento de Deming (1986) promovem o respeito das pessoas e o desenvolvimento humano, o que ajuda a reforçar uma cultura enxuta dentro das organizações. O desenvolvimento das pessoas é extremamente importante como um diferencial de sucesso do sistema enxuto. Numa cultura enxuta, os funcionários são responsáveis por seus próprios empregos, projetar seu próprio trabalho padrão, e estão autorizados a fazer alterações para melhorar as estações de trabalho (LIKER, 2005). Em uma cultura enxuta, a qualidade é baseada sobre os pilares do respeito e desenvolvimento das pessoas que são responsáveis pela melhoria contínua.

Esta é a base para a criação de uma cultura enxuta aonde a qualidade é mais do que um resultado desejável, mas sim uma estratégia de negócios para se manterem competitivas. O sucesso desta estratégia é evidente em organizações em que a melhoria contínua está presente no seu núcleo.

## 2.6 MANUFATURA ENXUTA: IMPLEMENTAÇÃO

A implementação da manufatura enxuta em muitas organizações ajuda a melhorar sua produtividade e eficiência, contudo numerosas organizações não conseguiram tirar proveito da filosofia enxuta. O não-alcance dos objetivos esperados da implementação da manufatura não é devido as especificidades de certos tipos de organização, mas sim a falta de entendimento da filosofia enxuta pela

diretoria, gerentes e funcionários nas organizações, assim como a falta de treinamento. (MARVEL; STANDRIDGE, 2009) (BEHROUZI; WONG, 2011).

A abordagem correta para a implementação de manufatura enxuta começa com uma análise das necessidades de negócios, oportunidades e desafios. Uma vez que estas oportunidades são identificadas, certas ferramentas enxutas serão escolhidas para resolver os problemas. Em outras palavras, os problemas vão ajudar a identificar as ferramentas enxutas a serem usadas em vez que as ferramentas sejam impostas dentro da organização.

Kovacheva (2010) identificou fatores que são considerados os mais importantes para a implementação da manufatura enxuta:

- a) Compromisso da gerência e diretoria no processo de implementação através da comunicação da visão do programa de melhorias;
- b) Mudanças na cultura organizacional;
- c) Envolvimento de todos os funcionários;
- d) Relações dentro da empresa (lobbying interno);
- e) Estratégia holística para a integração do sistema;
- f) Vontade e disposição a aprender.

Kovacheva preparou uma tabela, ilustrada na Tabela 2, considerando os vários conceitos de implementação de lean, para identificar os fatores mais importantes para a implementação de um sistema enxuto.

Success factors	management commitment communicate the vision	organization culture change	willingness to learn skills and expertise	holistic strategy for an integrated system	employees involvement	network relationships
(Baines et al. 2006)		+				
(Crute et al. 2003)	+			+		
(Czabke, Hansen & Doolen 2008)	+	+		+	+	
(Hines, Holwe & Rich 2004)			+	+		
(Kotter 2007)	+				+	+
(Motwani 2003)	+	+	+		+	+
(Mefford 2009)	+	+			+	
(Panizzolo 1998)						+
(Pius Achanga et al. 2006)	+	+	+			

Tabela 2 – Conceitos de Implementação de Lean  
Fonte: Kovacheva (2010)

De acordo com Womack e Jones (1996), para se transformar em organização enxuta, uma empresa precisa de três tipos de líderes:

- 1) Alguém que está comprometido com a organização a longo prazo e que possa ser a âncora que vai proporcionar estabilidade e continuidade durante a transformação (tipicamente um trabalhador experiente);
- 2) Alguém com profundo conhecimento sobre as técnicas enxutas. De preferência um especialista ou alguém treinado em lean manufacturing;
- 3) Alguém que pode ser o líder que possa derrubar as barreiras organização que surgirão como resultado da mudança dramática nas operações organizacionais.

## 2.7 PROCESSO CONTÍNUO

A aplicação do conceito de manufatura enxuta tem sido implementada com sucesso em diversas indústrias e com sucesso limitado em outras. As indústrias com processo contínuo diferem das manufaturas com processo de massa ou por bateladas em vários aspectos. Indústrias com processo contínuo tem pouco ou nenhum estoque em processo devido ao fato que não existe a necessidade de criar filas ou tampão de componentes ou produtos para alimentar a linha de produção ou montagem. Fransoo e Rutten (1994) caracterizaram os dois tipos de produção. Na tabela 3 resume-se esses conceitos.

<b>Processo Contínuo</b>	<b>Processo em massa ou por bateladas</b>
Alta velocidade de produção, pouco trabalho humano	Tempo de <u>leadtime</u> grande, muito trabalho humano no processo
Clara determinação de capacidade, uma rotina para todos os produtos, baixa flexibilidade	Capacidade não facilmente determinada (diferentes configurações, rotinas complexas)
Baixa complexidade do produto	Produtos mais complexos
Baixa valor agregado	Alto valor agregado
Tempos de parada causam grande impacto	Tempo de parada causam menor impacto
Pequeno número de etapas de produção	Grande número de etapas de produção
Número limitado de produtos	Grande número de etapas de produção

Fonte: Adaptado de Fransoo e Rutten (1994)

Tabela 3 – Processo Contínuo vs. Processo em massa ou por bateladas

## 2.8 ANÁLISE DE ESTUDOS DE CASO – PROCESSOS CONTÍNUOS

Oliveira e Pinto (2008) aplicaram ferramentas enxutas numa fundição de pequeno e médio porte onde conseguiram reduzir o desperdício em termos de tempo de espera e filas de espera na cadeia de produção. Com finalidade de estudar o caso, eles desenvolveram um simulado da operação da fundição baseado num mapeamento do fluxo de valor.

Khalil et al. (2013) analisaram a possibilidade de implementar a filosofia enxuta em uma fábrica de cimento considerando o conceito de 7 desperdícios de Ohno (1997) assim como o desenvolvimento de um simulado baseado em uma matriz de causa-efeito. Os autores conseguiram identificar que a cimenteira possuía

alto nível de estoques em processo (WIP) no processo de moinho de cru. Através da redução dos estoques em processo do moinho de cru, os autores obtiveram um aumento da produtividade e taxa de utilização do equipamento, assim como diminuir o tempo de ciclo.

Fernandes et al. (2011) estudaram a viabilidade de implementar ferramentas enxutas em uma planta piloto de um dos principais fabricantes de refratários no Brasil. Neste contexto, os autores decidiram mapear o fluxo de valor para determinar o valor gerado pelo processo assim como os desperdícios através do conceito de 7 desperdícios de Ohno (1997). Graças ao mapeamento do fluxo de valor, os autores identificaram desperdícios de movimentação. Após a reorganização do layout dos fornos, os autores obtiveram uma redução de tempo em movimentações de 47,6%. Ademais, no artigo foi reportado que a planta logrou uma redução de custos em torno de 24,4% devido à redução de custo com energia elétrica e operacional.

De Falani e de Almeida (2012) aplicaram o sistema Toyota de produção a uma grande empresa do segmento têxtil do Rio Grande do Norte. Para implantar as técnicas e ferramentas da manufatura enxuta, os autores utilizaram o método de análise do mapeamento do fluxo. Graças ao mapeamento do fluxo de valor e aplicação de ferramentas enxutas, os autores realizaram reduções substanciais do estoque em processo, lead-time do processo e o tempo de processamento de cada lote. Ademais, os autores reportaram uma mudança mentalidade na empresa devido a implantação da cultura enxuta.

Da Silva et al. (2010) aplicaram o método de benchmarking enxuto em uma indústria de aditivos químicos e impermeabilizantes. Os autores determinaram que o método de benchmarking enxuto é uma ferramenta útil para a investigação do sistema produtivo antes da implementação da filosofia de manufatura enxuta. Graças a este método, os autores identificaram que a empresa analisada não tinha condições para que um sistema de manufatura enxuta seja implementado com sucesso. Os problemas maiores identificados foram excedentes na capacidade produtiva com relação ao seu capital humano, gerando ociosidade, além um controle de estoques inadequado para a prática a aplicação dos conceitos de manufatura enxuta.

Klippel, Petter e Antunes Jr (2007) verificaram a possibilidade de implantar novas formas de gerenciamento na indústria da mineração através da mistura de técnicas da manufatura enxuta e das melhoras praticas da engenharia das minas e

da produção. Os autores reportaram que através da identificação de desperdícios em duas minas, foi logrado uma redução de custo substancial assim como um aumento de produtividade considerável.

## 2.9 CARBONATO DE CALCIO MOIDO SECO

### 2.9.1 ROCHA CALCÁRIA

O calcário é uma rocha sedimentar composta principalmente de carbonato de cálcio, ou seja, calcita ( $\text{CaCO}_3$ ). Calcário constitui aproximadamente 10% das rochas sedimentares expostas na superfície da terra.

Calcita pura, dolomita, e aragonita, que são todos calcários, são claros ou brancos. No entanto, com impurezas, eles podem ter uma variedade de cores, geralmente branco, bege ou cinza. Calcário também pode ter passado por metamorfose, com alta pressão, calor e tempo criando mármore. Este processo tende a intensificar a cor da pedra, bem como alterar a natureza e as impurezas.

O carbonato de cálcio é um mineral particularmente fácil de trabalhar devido à baixa dureza do material. Tipicamente, a calcita tem uma dureza de 3 na escala de Mohs, sabendo que o talco tem 1 e o diamante 10. Na Fotografia 1 pode ser observado uma amostra de Calcita de alta alvura.

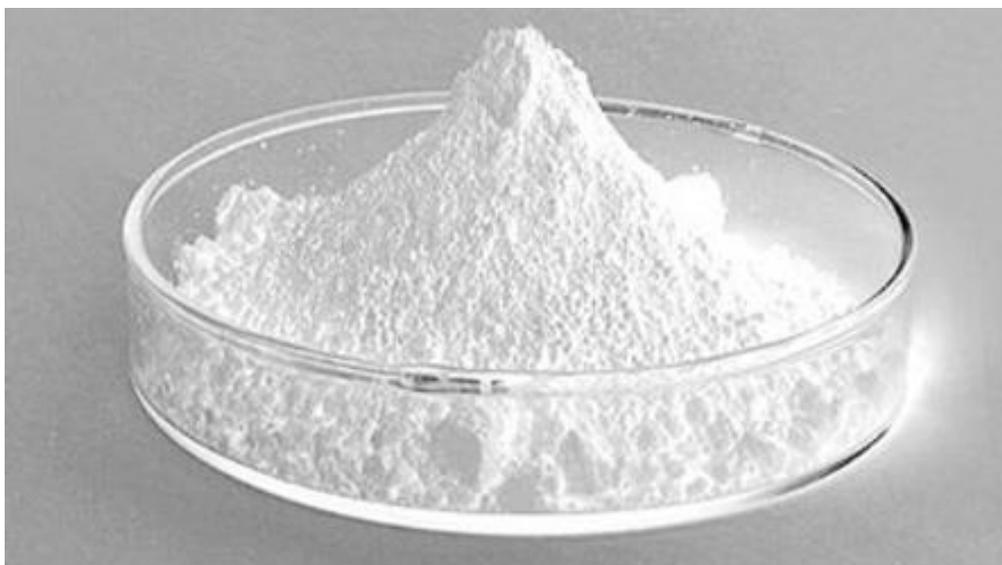


Fotografia 1 – Calcita (Lasca de Mármore) de Alta Alvura

Fonte: Autor

### 2.9.2 USOS INDUSTRIAIS

Tanto o calcário como o mármore são materiais de construção importantes em muitas partes do mundo. Pedra calcária britada é utilizada para fins de construção geral, como leitos de estradas e como componente em concretos. Carbonato de cálcio moído, geralmente referido como GCC, é muito utilizado como mineral industrial baseado em três parâmetros principais (tamanho de partícula, cor e pureza química). Estes permitem definir a aplicação do material. Tecnicamente, a calcita britada é considerada como um mineral industrial mais grosseiro com um tamanho idêntico a areia de praia, ou seja, de malha 10 a malha 100 (ABNT) utilizado frequentemente em produtos de construção civil como argamassa. Material com uma micronização entre malha 100 e malha 325 (ABNT) são considerados produtos finos, ou seja, o produto se parece a uma farinha. Este produto é utilizado na indústria de papel como filler, tintas, plásticos, e agricultura como corretor de solo, conforme ilustrado na Fotografia 2. Produtos abaixo de mesh 325 são considerados produtos ultrafinos, podendo chegar a tamanhos médios de partícula de 1 micra. Geralmente, calcita é utilizada como mineral industrial devido à alta pureza e alvura do produto.



Fotografia 2 – Carbonato de Cálcio Moído Fino Seco

Fonte: Autor

### 2.9.3 PROCESSOS INDUSTRIAIS

No mundo do GCC existem dois tipos de produtos:

- a) Produtos Moídos Secos;
- b) Produtos Moídos Úmidos, também chamados slurry.

A diferença entre os produtos secos e úmidos reside no fato que os produtos úmidos geralmente passem para um processo adicional de adição de água com a finalidade de produzir uma massa (*slurry*) com 90% ou 60% das partículas abaixo de 2 micras dentro de um moinho úmido. Visto que o foco deste trabalho não está no *slurry*, o autor não irá providenciar mais detalhes sobre este processo.

O processo industrial de processamento de carbonato de cálcio moído seco fino está dividido em 10 etapas:

- 1) Extração do material de uma jazida de  $\text{CaCO}_3$ ;
- 2) Lavagem da pedra através de uma esteira transportadora;
- 3) Britagem primária para reduzir o tamanho da rocha de 500 mm para 160 mm. Geralmente, a britagem primária acontece na jazida;
- 4) Estocagem em um pátio aberto;
- 5) Britagem secundária para reduzir o tamanho da pedra de 160 mm para 4 mm. Geralmente, a britagem secundária acontece na planta;
- 6) Estocagem do material em um silo de alimentação;
- 7) Micronização de 4 mm para 10 micras através de um moinho vertical pendular ou a mesa. Ver figuras 4 e 5 para mais informação;
- 8) Estocagem do produto final em um silo de produto acabado;
- 9) Envasamento do produto em sacaria de 25 kilos, big bags de 1,2 toneladas ou em bulk, ou seja, em caminhões silos de 30 toneladas;
- 10) Armazenamento em um barracão de pallets de 1,8 toneladas (sacaria de 25 kilos) e/ou big bags de 1,2 toneladas.

Em todas as fases do processo, nenhum aditivo químico é agregado a calcita. A redução da pedra acontece somente graças as forças mecânicas nas várias etapas do processo. Nas figuras 2 e 3 o processo pode ser melhor visualizado.

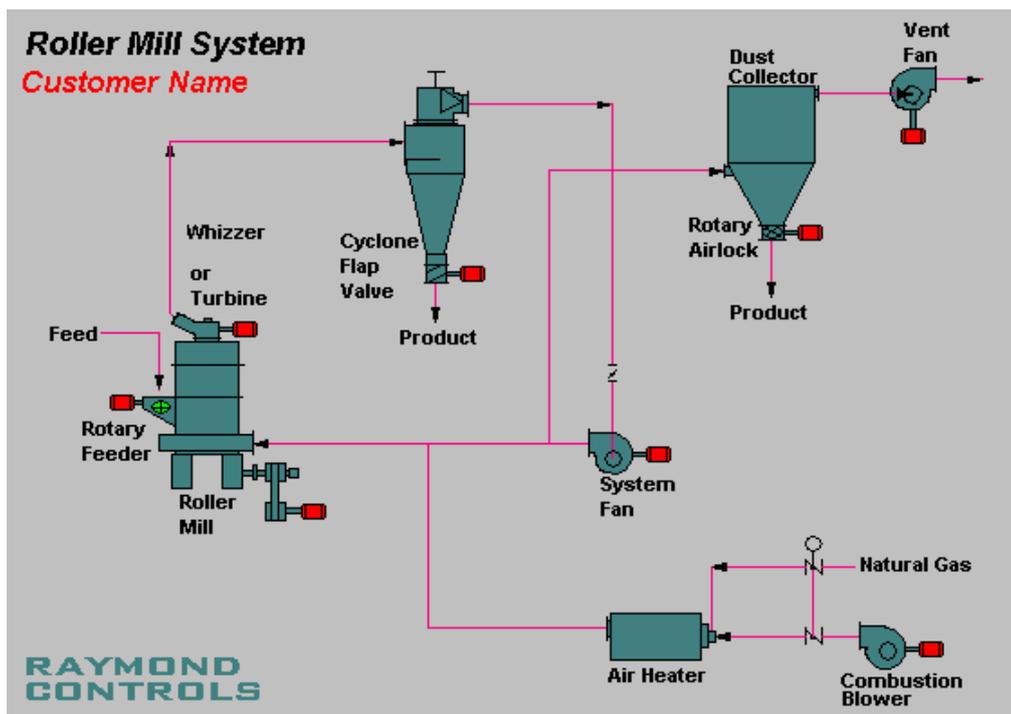


Figura 2 – Processo de micronização através de um Raymond Mill

Fonte: Apresentação Alstom Milling System Group (2003)

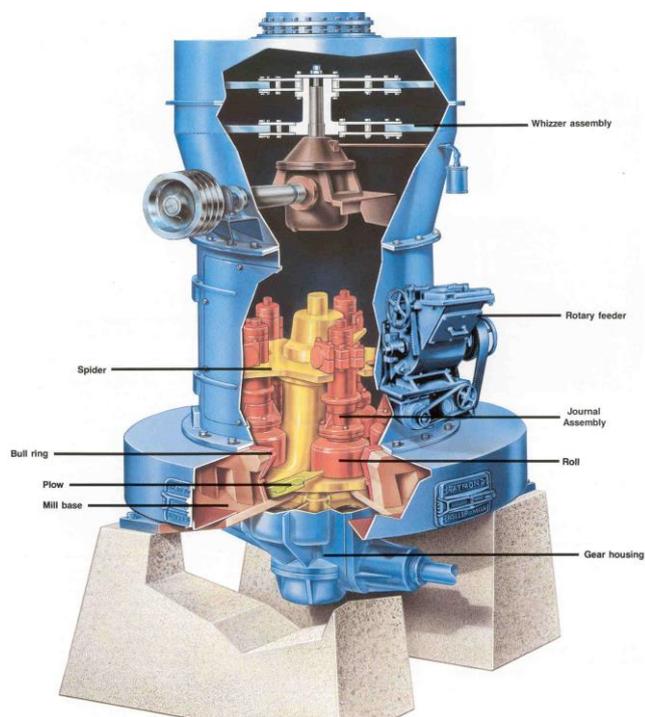


Figura 3 – Estrutura de um Raymond Mill

Fonte: Apresentação Alstom Milling System Group (2003)

## 2.10 CONSIDERAÇÕES

A partir desta revisão bibliográfica da literatura da filosofia enxuta, processos contínuos, estudos de caso, foi verificado que existem pesquisas relacionadas com aplicabilidade da manufatura enxuta em indústrias de processo contínuo. Contudo, podemos afirmar que a gestão da produção, desde Henry Ford até Womack e Jones foi sobretudo focada para organizações com produção de bateladas ou em massa, aonde existem grandes estoques em processo e um produto de grande complexidade de fabricação.

A aplicação de ferramentas e técnicas enxutas em processos contínuos ainda está em fase de conscientização, principalmente devido ao fato que existe pouca literatura e pesquisa sobre a filosofia enxuta no âmbito de produções contínuas. No entanto, a literatura e pesquisas científicas apontam que a aplicabilidade do pensamento enxuto e ferramentas enxutas tem um grande potencial, visto que os estudos de caso analisados demonstram vários benefícios obtidos no quadro de produções contínuas em vários segmentos industriais.

Devido a situação econômica mundial, muitas indústrias com processo contínuo, tais como cimento, mineração, papel, estão buscando soluções para reduzir custos operacionais. O autor acredita que uma implantação global e total, com ferramentas enxutas adaptadas para cada indústria, ajudaria certamente essas empresas a manter-se competitivas, quando não estamos falando de viabilidade econômica.

### 3 MÉTODOLOGIA

Neste capítulo é abordado a metodologia usado no desenvolvimento deste trabalho.

#### 3.1 DMAIC

No quadro desta pesquisa, o autor utilizou a metodologia DMAIC, esquematizada na Figura 4, como o principal pilar em termos de metodologia devido ao fato que um método de resolução de problemas, derivado do 6 Sigma, que permite abordar um problema complexo englobando variáveis não controladas de tal maneira que passa por um filtro até que a situação esteja totalmente sob controle, ou outros termos, o problema resolvido.

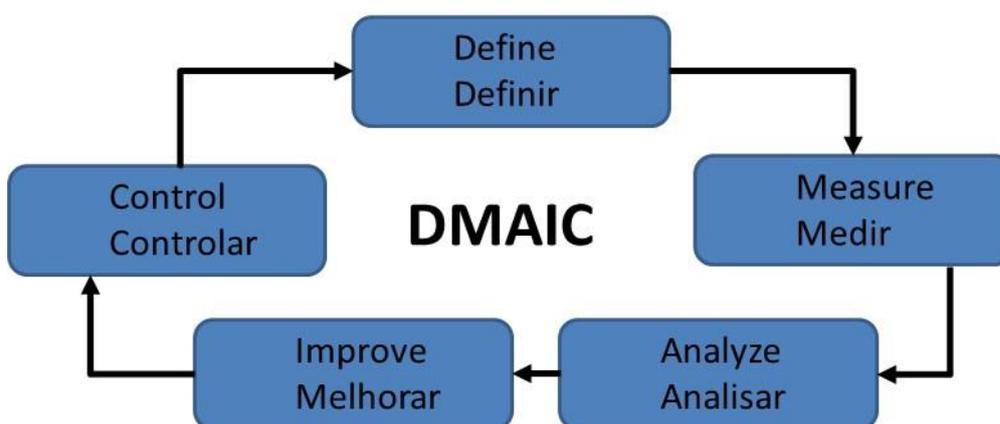


Figura 4 – DMAIC

Fonte: Autor

##### 3.1.1 Etapa DEFINE (DEFINIR)

A fase Definir do DMAIC consiste a definir com precisão o objetivo do projeto, validar as delimitações do projeto assim como identificar os problemas que requerem a nossa atenção. Para isso, as ferramentas como o brainstorming e o

project charter são muito úteis para identificar e formalizar com os todos stakeholders, o projeto em termos de objetivo, problemas, meta, restrições e cronograma.

### 3.1.2 Etapa MEASURE (MEDIR)

A fase Medir tem três objetivos principais que são medir e entender o desempenho atual do processo através da coleta de dados históricos, evidenciar os problemas específicos com desempenho negativo e identificar as oportunidades de melhorias no processo. Ferramentas como o VSM e o diagrama de Pareto são ideais para mapear o processo industrial e identificar os fatores não gerando valor agregado.

### 3.1.3 Etapa ANALYZE (ANALISAR)

A fase Analisar permite identificar os problemas de um processo, realizar uma análise detalhada do desempenho do processo, obter um primeiro diagnóstico do desempenho ruim de um processo, identificar as possíveis melhorias, e dar prioridades a essas últimas. Uma ferramenta como o diagrama de Ishikawa ajuda nos pontos mencionados acima.

### 3.1.4 Etapa IMPROVE (MELHORAR)

A fase Melhorar permite definir as recomendações que irão permitir de melhorar de forma sustentável o desempenho do processo de acordo com os objetivos formulados no estágio inicial do DMAIC. Ferramentas como brainstorming e 5W2H são recomendáveis nesta fase.

### 3.1.5 Etapa CONTROL (CONTROLAR)

A fase Controlar consiste em entrar em acordo com todos os *stakeholders* referente as recomendações identificadas na fase Melhorar, implementar as ditas recomendações e definir os meios para monitorar as melhorias de processo. Um mapeamento de fluxo de valor permite definir um estado desejado futuro. A identificação e utilização de KPIs será essencial nesta fase do DMAIC.

### 3.2 BRAINSTORMING

O *brainstorming*, ou tempestade de ideias, é uma técnica para gerar ideias através da estimulação do pensamento criativo na busca de soluções para um problema determinado. O objetivo principal é produzir tantas ideias quanto possível em um curto espaço de tempo em um determinado tema, sem criticar e sem julgar. Este método de pesquisa ideias em grupo favorece a espontaneidade e a imaginação.

### 3.3 CARTA DE PROJETO - *PROJECT CHARTER*

A Carta de Projeto é um breve documento que descreve os principais aspectos do projeto, como objetivos, cronograma, restrições, problemas, cronograma etc, com a finalidade de promover o projeto a fim que todos os stakeholders “comprem” a ideia. Esse mesmo documento permite de direcionar claramente o foco do projeto para todos os membros da equipe. O nível de detalhamento deste documento varia de acordo com situação, mas em regra geral, entre mais sucinto, melhor será a aceitação das pessoas envolvidas.

### 3.4 DIAGRAMA DE PARETO

O diagrama de Pareto, exemplificado no Gráfico 1, é uma ferramenta relativamente fácil de utilização que ajuda a priorizar problemas ou questões baseado no número de ocorrências e assim definir prioridades no tratamento de problemas. A ferramenta se baseia na lei 80/20, em outras palavras, esta ferramenta destaca os 20% das ocorrências necessitando ações para resolver 80% do problema, e se torna extremamente útil para identificar as prioridades que permitirão de melhorar significativamente uma situação.

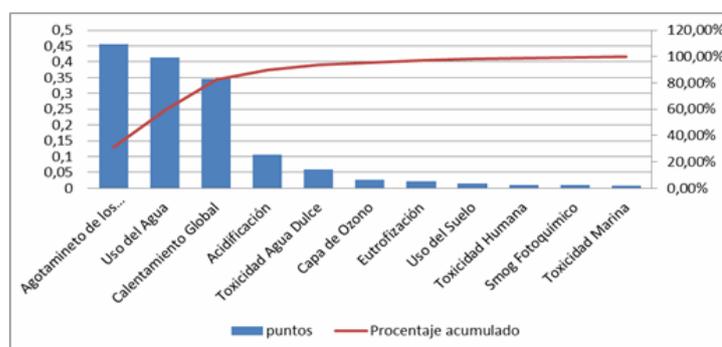


Gráfico 1 – Exemplo de Diagrama de Pareto

Fonte: Rodriguez Perez (2014)

### 3.5 DIAGRAMA DE ISHIKAWA

O diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama de causa e efeito, é utilizado para analisar as causas que possam gerar um efeito, e com a finalidade de identificar problemas assim como sugestões para solucionar os ditos problemas. Esta ferramenta é particularmente adequada para o gerenciamento de riscos no quadro de gerenciamento de projetos. As categorias de causas começam todas com a letra M, o que permite decorar com bastante facilidade:

- Máquina
- Matéria Prima
- Mao de Obra
- Meio Ambiente
- Método
- Medida

### 3.6 5W2H

A metodologia dos cinco W (*What, Who, When, Where, e Why*) e dois H (*How e How Much*) é um método de análise formal, crítico e construtivo baseado no questionamento, que facilita a coleta quase exaustiva e rigorosa de informação para uma dada situação, que ajuda a levantar mais ou menos respostas, e que permite de apresentar os fatos e as suas causas de uma forma estruturada.

- What – O que será feito;
- Why – Por que será feito;
- Where – Onde será feito;
- When – Quando será feito;
- Who – Por quem será feito;
- How – Como será feito;
- How much – Quanto custará fazer.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados os resultados da pesquisa e discussões das mesmas baseado na metodologia DMAIC desenvolvidos no capítulo 3.

### 4.1 DEFINIR

Antes de apresentar o Project Charter desta pesquisa/projeto, o autor irá primeiramente apresentar a empresa XYZ.

#### 4.1.1 Caracterização da EMPRESA XYZ

A empresa XYZ está localizada nos Campos Gerais, no estado do Paraná e pertence a uma multinacional europeia líder mundial no ramo de carbonato de cálcio moído. Atualmente, o volume de vendas em carbonato de cálcio moído seco fino da planta gira em torno de 40'000 toneladas por ano. A empresa é fortemente automatizada, aonde a planta pode operar de maneira autônoma durante as noites e finais de semana. Devido ao nível de automação da unidade fabril, a equipe de operações é somente composta de 11 funcionários exclusivamente dedicados a produção e manutenção. A empresa é certificada ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001.

A matéria prima (calcita) é atualmente importada da Europa através de um porto localizado no sul do Brasil. O fornecedor é uma jazida própria do grupo da empresa XYZ. O motivo da utilização da pedra importada, em vez da utilização da matéria prima nacional, reside no fato na dificuldade de encontrar no território brasileiro uma pedra diferenciada que tenha um baixo nível de impurezas e alta alvura.

Mais informações sobre o processo podem ser encontradas no item 2.9.3.

#### 4.1.2 PROJECT CHARTER

Com intuito de apresentar esse projeto de pesquisa para todos os *stakeholders* da empresa XYZ, o autor preparou um Project Charter em consonância com os requisitos da chefia direta. O ponto de partida dessa pesquisa foi uma discussão com um superior mencionando que os custos operacionais estão cada vez mais elevados (ou seja, taxa de cambio, energia, agua e frete), mas por outro

lado todos os equipamentos fabris já estão tecnicamente otimizados, ou em outras palavras, que do ponto de vista técnico não existe mais nada que fazer. A partir daí, surgiu a ideia da pesquisa, ou seja, verificar a possibilidade de aplicar ferramentas da manufatura enxuta que possam ajudar a reduzir os custos fabris. Na Tabela 4 está ilustrado o *Project charter* mencionado.

<b>PROJECT CHARTER (MACRO)</b>
Verificar a potencialidade da filosofia enxuta aplicada a empresa XYZ
<b>STAKEHOLDERS (PARTICIPANTES DO BRAINSTORMING INICIAL)</b>
Diretor Operações LATAM Gerente de Operações Brasil Gerente de Planta Supervisor de Produção Supervisor de Manutenção Engenheiro de Automação
<b>JUSTIFICATIVA</b>
Em uma economia global em plena instabilidade é necessário buscar melhorias contínuas nas plantas do grupo a fim de sustentar a competitividade no nosso setor. Visto o alto nível de otimização processo/técnico, é necessário buscar outras ferramentas para baixar custos fabris e manter a nossa competitividade.
<b>OBJETIVOS/METAS</b>
Identificar ferramentas da manufatura enxuta que possam ser aplicadas a indústria GCC e ter um impacto significativo e positivo nos nossos custos operacionais.
<b>LIMITAÇÕES</b>
A fim de manter o foco nas atividades principais da empresa, foi sugerido delimitar a pesquisa ao carbonato de cálcio moído seco fino.
<b>CRONOGRAMA</b>
DEFINIR – Outubro 2013 MEDIR – Novembro 2013 ANALISAR – Janeiro 2014 MELHORAR – Fevereiro 2014 CONTROLAR – Março 2014

Tabela 4 – Project Charter

Fonte: Autor

## 4.2 MEDIR

## 4.2.1 MAPEAMENTO DO FLUXO DO VALOR ATUAL DA EMPRESA XYZ

Primeiramente, foi preparado uma análise da situação atual através do mapeamento do fluxo do valor, ou em inglês, *value stream mapping*, com a finalidade de identificar o estado atual da empresa XYZ em termos de valor gerado e valor não gerado, conforme figura 5.

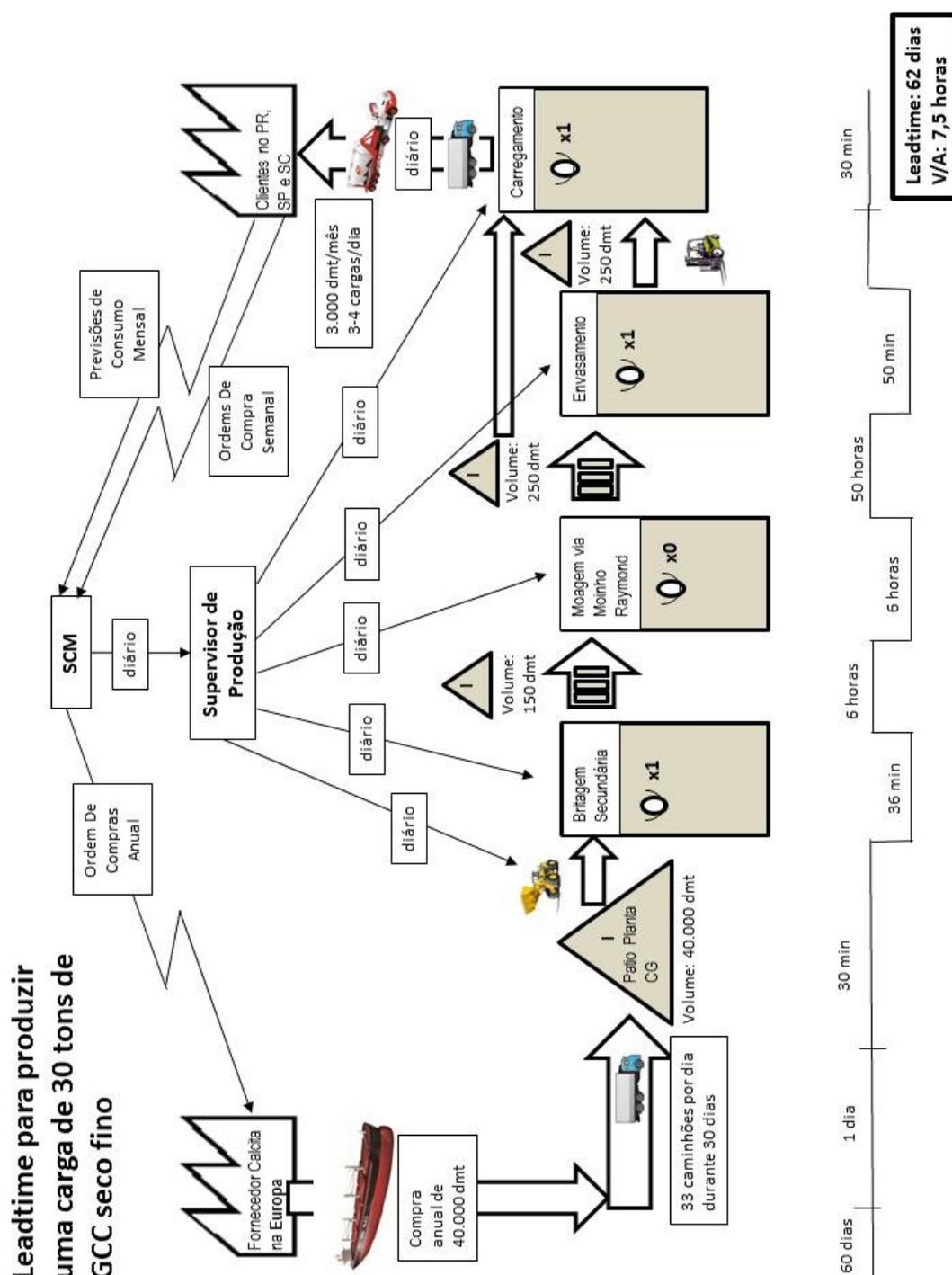


Figura 5 – VSM Atual Empresa XYZ

Fonte: Autor

Podemos identificar que a Empresa XYZ possui um *leadtime* de quase dois meses quando o valor agregado do produto é gerado em de menos de 8 horas.

#### 4.2.2 DIAGRAMA DE PARETO

Através do diagrama de Pareto, buscou-se identificar os maiores custos operacionais da planta, conforme ilustrado no Gráfico 2.



Gráfico 2 – Diagrama de Pareto dos Custos Operacionais da Empresa XYZ

Fonte: Autor

Infelizmente, o custo operacional maior se refere a compra da pedra calcita. Ainda, esse custo terá um incremento significativo nos próximos meses devido a taxa cambial BRL/USD desfavorável para qualquer importação. Ademais, o preço por tonelada é determinado pela empresa ao nível global, o que faz desse valor um custo fixo que dificilmente a empresa poderá reduzir. Considerando o VSM atual da empresa XYZ, os custos que potencialmente podem ser reduzidos são a mão de obra e o transporte da pedra importada do porto para a planta localizado nos Campos Gerais.

#### 4.2.3 DISCUSSÃO

Tomando em conta as duas metodologias de análise utilizadas, o autor pode afirmar que as mesmas permitem de ter uma visão global da situação atual da empresa XYZ.

### 4.3 ANALISAR

#### 4.3.1 DIAGRAMA DE ISHIKAWA

Utilizando um diagrama de causa e efeito, Gráfico 3, o autor busca a identificar motivos que possam negativamente impactar o fluxo do valor ou custos operacionais da empresa XYZ.

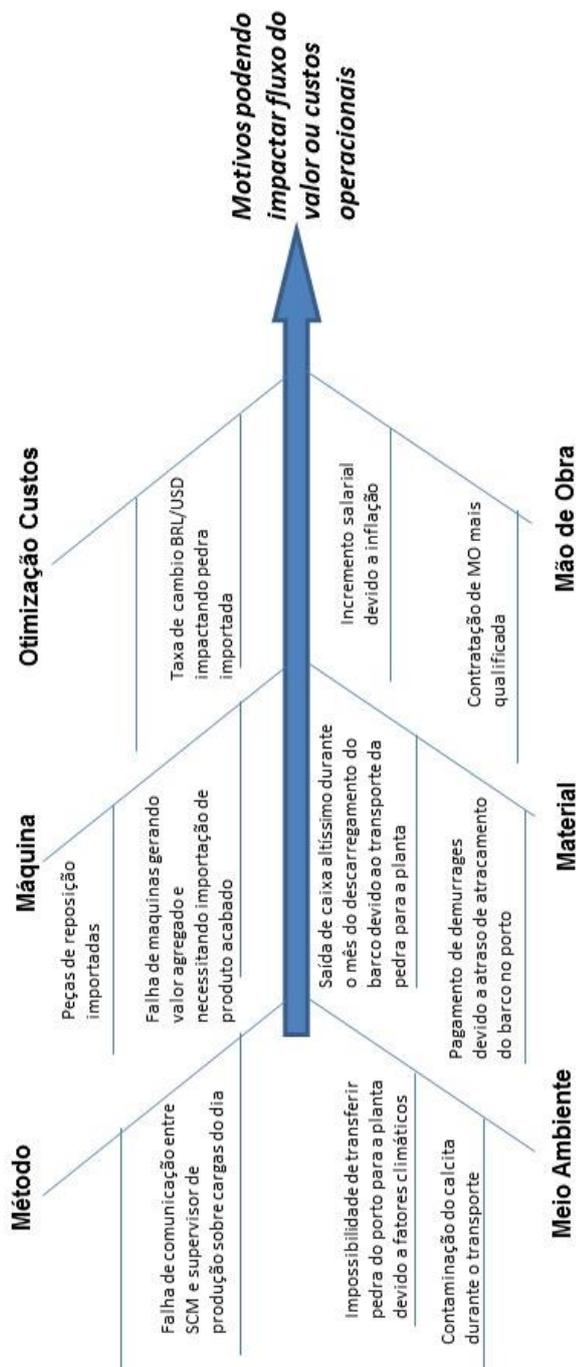


Gráfico 3 – Diagrama de Ishikawa da Empresa XYZ

Fonte: Autor

#### 4.3.2 DISCUSSÃO

Muitas das causas identificadas graças ao diagrama de Ishikawa são infelizmente não controláveis, ou seja, são causas que podem acontecer devido a fatores exteriores como instabilidade econômica do Brasil, fatores climáticos, e disponibilidade de atracação no porto atual.

Os motivos que o autor enxerga como controláveis, ou seja, com uma alta potencialidade de melhorar o fluxo do valor e os custos operacionais, são, a saída de caixa durante o mês de descarregamento do barco devido ao transporte terrestre do matéria-prima para a planta, portos alternativos no sul do Brasil a fim de evitar espera para atracar barco e pagamento de atraso de atracamento (demurrages), nacionalização de peças importadas, estabelecer um sistema de linha de comunicação entre SCM e supervisor de produção através de ordens de fabricação gerenciadas via um sistema ERP.

#### 4.4 MELHORAR

##### 4.4.1 5W2H

Através de um brainstorming com toda a equipe da empresa XYZ implicada nesta pesquisa, toda a informação relevante foi processada com a ferramenta 5W2H a fim de definir as recomendações que irão ter potencialmente uma melhoria no processo, conforme ilustrado na Tabela 6.

<b>What</b> <i>O quê</i>	<b>Why</b> <i>Porque</i>	<b>Where</b> <i>Onde</i>	<b>When</b> <i>Quando</i>	<b>Who</b> <i>Quem</i>	<b>How</b> <i>Como</i>	<b>How Much</b> <i>Quanto custa</i>
Buscar um novo porto	Tempo de atracamento superior a 50 dias gerando demurrages de 1mioBRL	Zona sul do Brasil (SP, PR e SC)	31/12/2014	Responsável SCM	Reuniões com os portos da zona sul do Brasil	N/A
Saída de caixa altíssima durante o mês do descarregamento do barco	Em turno de 1300 caminhões transportando pedra calcita são necessários para transportar produto do porto para planta, gerando uma saída de caixa no mês de aproximadamente 1MBRL	Porto novo	31/12/2014	Responsável SCM	Encontrar um pátio pulmão localizado no porto novo aonde só a quantidade semanal de pedra será transportada para a planta	N/A
Falha de comunicação entre SCM e Supervisor	Envio de carga errada ou não envio de carga	Barracão	30/11/2014	Responsável TI / ERP	Extensão do ERP existente para geração de ordens de fabricação	A confirmar
Falha de máquinas ou equipamentos impactando produção	Parada de equipamentos prolongada poderia gerar falta de produto e gerando importação dos mesmos	Planta	31/01/2015	Responsável Manutenção	Identificação dos equipamentos críticos e compra de peças de reposição críticas	A confirmar

Tabela 6 – Análise 5W2H

Fonte: Autor

#### 4.4.2 DISCUSSÃO

Graças a ferramenta 5W2H foi possível identificar recomendações relevantes para a melhoria do processo industrial da empresa XYZ. As 3 primeiras terão uma repercussão direta no VSM da empresa com o intuito de melhorar o fluxo do valor da firma e assim otimizar os custos operacionais.

## 4.5 CONTROLAR

### 4.5.1 MAPEAMENTO DO FLUXO DO VALOR DESEJADO DA EMPRESA XYZ

Após ter passado as etapas DMAI, podemos abordar a fase Controlar, que nesta pesquisa consiste em mapear o fluxo do valor desejado da empresa XYZ baseado sobre as evidencias e recomendações elaborados nos capítulos anteriores, e ilustrado na Figura 6.

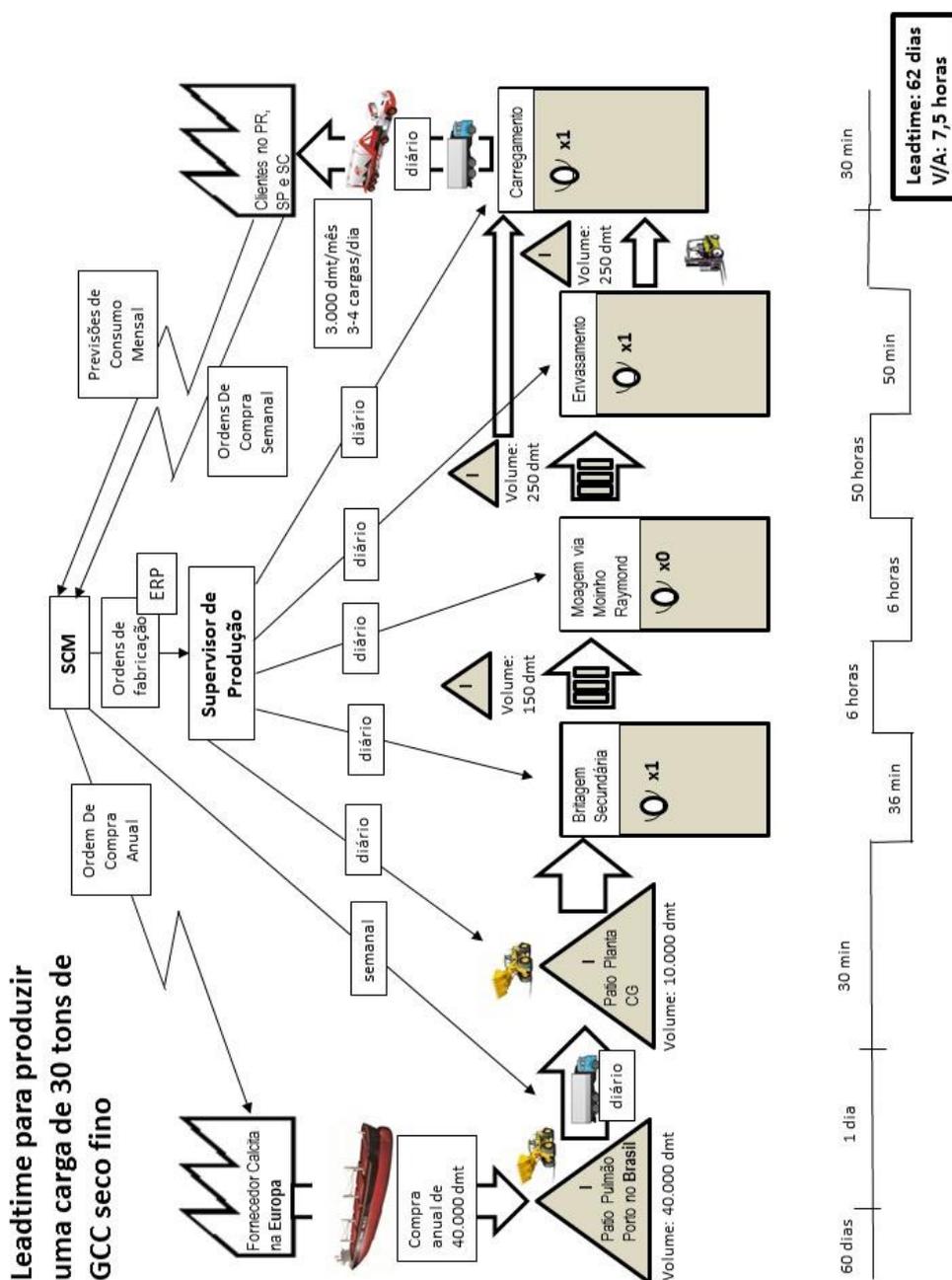


Figura 6 – VSM Desejado Empresa XYZ

Fonte: Autor

#### 4.5.2 KPIs

Em discussão com toda a equipe da empresa XYZ implicada nesta pesquisa, foi decidido elaborar 3 KPIs em consonância com o VSM desejado na empresa XYZ.

<b>Descrição KPI</b>	<b>Meta</b>	<b>Importância</b>
Número de caminhões transferindo pedra do pátio pulmão no porto novo para a planta	100 caminhões por mês	<b>Alta</b> / Planta terá uma saída de caixa espalhada em 12 meses e não 1 mês conforme estado atual
Dias para atracar barco carregado com pedra calcita no porto novo	< 7 dias	<b>Alta</b> / É primordial para manter a competitividade da empresa de não pagar multas de atraso de atracamento (demurrages)
Utilização de ERP para emitir ordens de fabricação para a produção	0 reclamações cliente por mês referente a entrega de produtos errados ou não entregues	<b>Média</b> / Empresa terá que almejar a satisfação cliente total via a implementação de uma melhor gestão das ordens de compra e de fabricação

Tabela 1 – KPIs Empresa XYZ

Fonte: Autor

#### 4.5.3 DISCUSSÃO FINAL

É possível afirmar que a Empresa XYZ pode melhorar o processo industrial dela e almejar a excelência operacional através de implementação das recomendações sugeridas neste trabalho. O desafio do autor é de convencer a alta diretoria da empresa que sim, existe ainda potencial para melhorar o processo, e sobretudo a competitividade em um mercado totalmente instável.

## 5 CONCLUSÃO

No quadro desta pesquisa, o objetivo primeiro era de verificar a aplicabilidade da filosofia enxuta em indústrias com processos de fabricação contínuos. O autor verificou a dita aplicabilidade na empresa XYZ, uma mineradora de carbonato de cálcio moído seco fino localizada nos Campos Gerais, Paraná, com o intuito de validar o conceito. Graças a metodologia DMAIC, derivado do 6 Sigma, em conjunto com a ferramenta de mapeamento do fluxo de valor da manufatura enxuta, foi preparado o estado atual da empresa XYZ e o estado desejado (ou recomendado). Ferramentas tal como brainstorming, diagrama de Ishikawa, Project Charter, diagrama de Pareto, 5W2H e KPIs foram essenciais para a elaboração deste trabalho.

Foi demonstrado que a filosofia enxuta, derivada da indústria automobilística, pode ser usada em segmentos com processos de fabricação contínuos, tal como a mineradora XYZ. O grande desafio no caso desta última é implementar melhorias em uma estrutura extremamente enxuta, aonde a mentalidade existe graças ao alto nível de automação da unidade fabril. Ademais, processo contínuo implica indiretamente um processo enxuto aonde os materiais são empurrados no processo, ou seja, desperdícios em termos de tempo e produto não conforme são quase inexistentes.

Esta pesquisa foi uma primeira abordagem ao tema da filosofia enxuta em um contexto de processo contínuo, e é fortemente sugerido dar continuidade a esta pesquisa através da verificação de aplicabilidade de outras ferramentas, assim como aplicar a mesma metodologia a uma fábrica com processo contínuo de maior porte como uma cimenteira, aonde o trabalho será bem mais extenso e complexo, mas certamente encontraram muitas mais oportunidades de melhoria.

## REFERÊNCIAS

WOMACK, J. P.; JONES, D.T.; ROOS, D. A Máquina que Mudou o Mundo. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

FORD, H. Today and Tomorrow. New York: Doubleday, 1926.

OHNO, T. O Sistema Totyota de Produção: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

MONDEN, Y. Sistema Totyota de Produção São Paulo: IMAN, 1984.

MAHAPATRA, S. S.; MOHANTY, S. R. Lean manufacturing in continuous process industry: An empirical study. Journal of Scientific & Industrial Research, v. 66, p. 19-27, jan. 2007.

WOMACK, J. P.; JONES, D.T. A Mentalidade Enxuta nas Empresas: elimine o desperdício e crie riqueza. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

LIKER, Jeffrey K. O Modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre: Bookman, 2005.

DEMING, W.E. Out of Crisis. Cambridge: MIT Press, 1986.

MARVEL, J.; STANDRIDGE, C. (2009). A Simulation-Enhanced Lean Design Process. Journal of Industrial Engineering and Management. v. 2 n. 1, p. 90-113, abr. 2009

BEHROUZI, F.; WONG, K. Y. An integrated stochastic-fuzzy modeling approach for supply chain leanness evaluation. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. v. 68, n. 5-8, p. 1677-1696, set. 2013

KOVACHEVA, A. V. Challenges in Lean Production: Successful transformation towards Lean enterprise. 2010. 58 f. Dissertação (Mestrado) – Aarhus School of Business, University of Aarhus. Aarhus, 2010.

WOMACK, J. P.; JONES, D.T. Beyond Toyota: How to root out waste and pursue perfection. Harvard business review, v. 74, n. 5, p. 140-&, set/out. 1996.

FRANSOO, J.C.; RUTTEN, W.G.M.M. A typology of production control situations in process industries. International Journal of Operations & Production Management, v. 14, n. 12, p. 47-57, 1994.

DE OLIVEIRA, C. S.; PINTO, E.B. Lean Manufacturing paradigm in the foundry industry. Estudos Tecnológicos, v. 4, n. 3, p. 218-230, set/dez. 2008.

KHALIL, R.A.; STOCKTON, D.J.; TOURKI, T.; MUKHONGO, L.M. Implementation of lean in continuous Process-based Industries. International Journal of Scientific & Engineering Research, v. 4, n. 10, out. 2013.

FERNANDES, J. M.; PEREIRA, A. L.; DIONIZIO, A.C.; NEREU, M.R.; MARQUES, M.A.R. Análise da viabilidade técnica para a implantação do lean manufacturing em uma planta piloto de testes em refratários. XXXI ENEGEP, out. 2011.

FALANI, S.Y.A.; DE ALMEIDA, M. R. Aplicação do sistema Toyota de produção na indústria têxtil: uma sistematização dos benefícios e ferramentas enxutas no contexto global. XXXII ENEGEP, out. 2012.

DA SILVA, L.; DE AGUIAR NEVES, C. A.; TUBINO, D.F.; MERINO, E.A.D.; SELIG, P.M. Aplicação do método benchmarking enxuto em uma indústria de aditivos químicos e impermeabilizante do segmento da construção civil. XXX ENEGEP, out. 2010.

KLIPPEL, A.F.; PETTER, C.O.; ANTUNES JR, J.A.V. Lean Manufacturing implementation in mining industries. Dyna rev.fac.nac.minas [online]. Dyna rev.fac.nac.minas [online], v. 75, n. 154, p. 81-89, jan./mar. 2008

GEORGES, M.R.R. Modelagem dos processos de negócio e especificação de um sistema de controle da produção na indústria de auto-adesivos. JISTEM J.Inf.Syst. Technol. Manag [online]. 2010, vol.7, n.3 pp. 639-668

RODRIGUEZ PEREZ, B.; FERNANDEZ RODRIGUEZ, M.; FERNANDEZ OCAMPO, N.. Análisis del ciclo de vida de la generación distribuida en Cienfuegos. Energética [online]. 2014, vol.35, n.3, pp. 274-285. ISSN 1815-5901

ALSTOM Power; Apresentação Milling System Group, Março 2003. 46p.