

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**WESLEY ROVATI MALAQUIAS**

**CONTRIBUIÇÕES DA PRODUÇÃO ENXUTA E PRODUÇÃO MAIS  
LIMPA PARA A MELHORIA DE PROCESSOS PRODUTIVOS: UM  
ESTUDO DE CASO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PONTA GROSSA**

**2018**

**WESLEY ROVATI MALAQUIAS**

**CONTRIBUIÇÕES DA PRODUÇÃO ENXUTA E PRODUÇÃO MAIS  
LIMPA PARA A MELHORIA DE PROCESSOS PRODUTIVOS: UM  
ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, do Departamento de Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Neves Puglieri

**PONTA GROSSA**

**2018**



Ministério da Educação  
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO  
PARANÁ  
CÂMPUS PONTA GROSSA  
Departamento Acadêmico de Engenharia de Produção



## TERMO DE APROVAÇÃO DE TCC

CONTRIBUIÇÕES DA PRODUÇÃO ENXUTA E PRODUÇÃO MAIS LIMPA PARA A  
MELHORIA DE PROCESSOS PRODUTIVOS: UM ESTUDO DE CASO

por

*Wesley Rovati Malaquias*

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 25 de junho de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

**Prof. Dra. Fabio Neves Puglieri**  
Prof. Orientador

---

**Prof. Dra. Daiane Maria de Genaro Chiroli**  
Membro titular

---

**Prof. Dr. Daniel Poletto Tesser**  
Membro titular

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”.

A meus pais, por todo esforço, dedicação  
e confiança.

A todos meus familiares pelo apoio e  
cooperação nessa conquista.

A todos que acreditaram em mim.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu Deus, por mais uma vitória.

À minha família, pela confiança, apoio, paciência e que nunca mediram esforços para que eu pudesse buscar meus sonhos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Fabio Neves Puglieri, pela cooperação e por acreditar em mim.

À Solumax Produção Júnior, pela oportunidade, pelos desafios e principalmente pelo conhecimento e desenvolvimento adquirido.

À empresa apresentada no estudo de caso, pela oportunidade, aprendizado e abertura para realizar o estudo.

Ao meu coordenador de estágio, pela confiança e pelo aprendizado.

Ao corpo docente do Departamento de Engenharia de Produção, por todo o aprendizado proporcionado durante o curso.

Aos meus amigos, pelo apoio, auxílio, confiança e por fazerem parte dessa conquista.

## RESUMO

MALAQUIAS, Wesley Rovati. **Contribuições da produção enxuta e produção mais limpa para a melhoria de processos produtivos: Um estudo de caso.** 2018. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2018.

As empresas se encontram em um ambiente cada vez mais dinâmico e competitivo, o que as incitam a buscarem, sempre, por novas estratégias de gestão, visando melhorar o seu desempenho e imprescindivelmente atender as necessidades dos clientes. Dentre essas estratégias pode-se se encontrar a Produção Enxuta e a Produção mais Limpa, que possuem valores focados em sustentabilidade econômica e sustentabilidade ambiental, respectivamente, sendo que as boas práticas dessas técnicas convergem principalmente na eliminação de desperdícios e na reutilização de resíduos gerados nos processos, gerando vantagens operacionais, valor ao processo e aumento de produtividade. Pesquisas revelam compatibilidade entre a Produção Enxuta e as abordagens de Sustentabilidade Ambiental, no entanto, poucas exploram a fundo as oportunidades de melhorias que integração das boas práticas dessas metodologias pode proporcionar. O objetivo deste trabalho foi identificar as contribuições dos pontos de integração entre a Produção Enxuta e a Produção mais Limpa por meio de um estudo de caso numa empresa que atua no ramo de construção civil e propor a implementação de ferramentas que utilizam princípios de ambas as metodologias para solucionar os problemas identificados no estudo de caso. Como resultado, se confirmou que ambas as práticas se complementam e colaboram para um maior desempenho e eficiência dos processos da empresa.

**Palavras Chaves:** Produção Enxuta. Produção mais Limpa. Integração. Boas práticas.

## ABSTRACT

MALAQUIAS, Wesley Rovati. **Contributions of lean production and cleaner production for the improvement of production processes: A case study.** 2018. 58 f. Work of Conclusion Course (Graduation in Production Engineering) – Federal Technology University – Paraná. Ponta Grossa, 2018.

Companies are in an increasingly dynamic and competitive environment, which encourages them to always seek new management strategies to improve their performance and meet the needs of their customers. Among these strategies can be found Lean Production and Cleaner Production, which have values focused on economic sustainability and environmental sustainability, respectively, and the good practices of these techniques are mainly related to the elimination of waste and the reuse of waste generated in the processes, generating operational advantages, value to the process and increased productivity. Research reveals compatibility between Lean Production and Environmental Sustainability approaches, however, few in-depth exploration of the opportunities for improvement that integration of good practices of these methodologies can provide. The objective of this work was to identify the contributions of integration points between Lean Production and Cleaner Production by means of a case study in a company that is currently in the field of civil construction and propose the implementation of tools that use principles of both methodology to solve the problems identified in the case study. As a result, it has been confirmed that both practices complement and collaborate for greater performance and efficiency of the company's processes.

**Keywords:** Lean Production. Cleaner Production. Integration. Good practices.

## LISTA DE FIGURAS E GRÁFICOS

Figura 1 - Modelos de produção mais limpa .....	24
Figura 2- Hierarquia da P+L .....	26
Figura 3 - Etapas gerais da metodologia.....	36
Figura 4 - Fluxograma do processo.....	38
Gráfico 1 - Tempo de ciclo em relação ao <i>takt time</i> .....	40
Gráfico 2 - Relação do T/C com o <i>takt time</i> para dois turnos .....	47



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Princípios e ferramentas da PE.....	21
Quadro 2 - Aplicação das ferramentas lean nos tipos de desperdícios.....	22
Quadro 3 - Práticas relacionadas à P+L.....	29
Quadro 4 - Desperdícios de Manufatura e possíveis impactos ambientais.....	32
Quadro 5 - Similaridade entre as práticas PE e P+L.....	33
Quadro 6 - Listas de oportunidades de melhorias do processo .....	41
Quadro 7 - Contribuição de ferramentas lean relacionadas aos níveis de P+L.....	43

## LISTA DE SIGLAS

AV	Atividades que Agregam Valor
CNTL	Centro Nacional de Tecnologias Limpas
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
EPA	<i>Environment Protection Agency</i>
GEE	Gases do Efeito Estufa
MFV	Mapa de Fluxo de Valor
MIT	<i>Massachutes Institute of Techology</i>
NAV	Atividades que Não Agregam Valor
NNVA	Atividades que Não Agregam Valor, mas são Necessárias
NCPCs	Centros Nacionais de Produção Mais Limpa
PE	Produção Enxuta
P2	<i>Polution Prevention</i>
P+L	Produção mais Limpa
RECP	<i>Resource Eficiente and Cleaner Production</i>
STP	Sistema de Produção Toyota
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
UNEP	<i>United Nations Environment Programe</i>
UNIDO	<i>United Nations Industrial Development Organization</i>

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1	PERGUNTA PROBLEMA.....	12
1.2	OBJETIVO GERAL.....	12
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
1.4	JUSTIFICATIVA .....	12
1.5	DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	14
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
2.1	PRODUÇÃO ENXUTA .....	15
2.1.1	Pensamento Enxuto .....	16
2.1.2	Tipos de Desperdícios .....	17
2.1.3	Tipos de Atividades e Categorias de Desperdícios.....	18
2.1.4	Principais Ferramentas <i>Lean</i> .....	19
2.2	PRODUÇÃO MAIS LIMPA .....	23
2.2.1	Práticas de Produção Mais Limpa.....	28
2.3	INTEGRAÇÃO.....	30
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>35</b>
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	35
3.2	DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA.....	36
<b>4</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>38</b>
4.1	DESCRIÇÕES DO PROCESSO .....	38
4.2	ESTUDO DE CASO .....	39
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>49</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>50</b>
	<b>Apêndice A – MFV atual da linha automática .....</b>	<b>55</b>
	<b>Apêndice B – MFV futuro da linha automática .....</b>	<b>57</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As organizações estão cada vez mais determinando dentro de suas operações o estabelecimento de metas em relação às prevenções ao meio ambiente, as quais acabam sendo influenciadas, principalmente, pelas expectativas dos clientes (RIZZO; BATOCCHIO, 2011).

Rizzo e Batocchio (2011) afirmam ainda, que os clientes estão tornando-se cada vez mais rígidos com a qualidade dos produtos que consomem, as matérias primas envolvidas no processo de manufatura, o impacto ambiental dos processos, mostrando desta maneira, uma mudança na forma de fazer negócios.

Vasconcelos, Neto e Viana (2013) complementam que as empresas modernas têm procurado investir recursos e novas práticas de gerenciamento com o intuito de promover a melhoria contínua do processo de produção, visando principalmente à redução dos custos operacionais e o aumento da qualidade e da produtividade de seus produtos e serviços.

Em tal cenário, as organizações podem vivenciar *trade-offs*, pois ao centrar-se apenas na melhoria da qualidade, redução de custos, velocidade de entrega e na produtividade, mas sem considerar o meio ambiente, os processos de manufatura podem gerar aumentos significativos dos impactos ambientais (QUEIROZ, 2015).

Dessa forma, Elias e Magalhães (2003) sustentam que tanto a aplicação da filosofia da Produção Enxuta (PE) como da Produção mais Limpa (P+L) contribui efetivamente para a melhoria da competitividade das indústrias, pois ambas têm como benefícios, por exemplo, o aumento da produtividade, melhoria da qualidade, otimização na utilização da matéria-prima, dos insumos e outros recursos, fatores esses de importância relevante frente à necessidade da busca contínua da excelência empresarial no mundo atual.

Tomazela (2007) completa que, tanto a P+L quanto a PE pressupõem a definição e o uso de uma série de ferramentas e métodos que permitem a definição de indicadores, que, estratificados, possibilitam a implantação de um sistema de gestão integrada que conduz ao desenvolvimento da sustentabilidade.

Deste modo, este trabalho defende a hipótese de que a PE integrada com a P+L pode ser a solução para os *trade-offs* relacionados à maior produtividade e menores impactos ambientais.

## 1.1 PERGUNTA PROBLEMA

O desenvolvimento deste trabalho foi orientado pela seguinte questão de pesquisa: “Quais as oportunidades de melhoria existentes a partir do uso conjunto da Produção Enxuta e da Produção mais Limpa”?

Assim, o tópico seguinte apresenta o objetivo deste trabalho.

## 1.2 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é identificar as contribuições dos pontos de integração entre a Produção Enxuta e a Produção mais Limpa em uma empresa que atual no ramo de construção civil.

## 1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

São objetivos específicos deste trabalho:

- Identificar abordagens de PE e P+L por meio de uma revisão bibliográfica;
- Identificar pontos comuns entre as duas metodologias propostas;
- Compreender a integração das metodologias PE e P+L num estudo de caso;
- Contribuir com as pesquisas que envolvam a integração destas metodologias;
- Discutir os resultados obtidos.

## 1.4 JUSTIFICATIVA

Mittal *et al.* (2017) asseguram que a PE colabora com a redução de custos e dos desperdícios do sistema de produção, além de que as estratégias sustentáveis

de produção que atuam ao nível do processo beneficiam o ambiente por meio da redução das emissões e da utilização dos recursos, abordando assim a dimensão ambiental.

Já León e Calvo-amodio (2017) afirmam que enquanto a PE está mais preocupada em lidar com pessoas, clientes e funcionários, a sustentabilidade parece expandir a preocupação buscando o bem-estar de todas as partes interessadas no longo prazo. Os autores complementam ainda que as aplicações de práticas de PE tem um impacto positivo no desenvolvimento ambiental e operacional, porém é necessário reorientar a PE para capturar maiores impactos nas perspectivas ambientais e sociais.

Gupta, Narayanamurthy e Acharya (2017) ao estudarem uma indústria de pneus, verificaram que a implantação das práticas da PE contribui significativamente para o desempenho dos processos e conseqüentemente ao meio ambiente. Os autores notaram que o treinamento dos funcionários garante o aumento de 26,67% nas habilidades dos mesmos, diminuem os defeitos em 18,46%, os recortes em 20,51% e o excesso de processamento em 25%. Além de que a redução mensal de 10% de sucata reduz a emissão de Compostos Orgânicos Voláteis (COV) em 3349 kg por mês e que cada 10% de defeitos reduzidos por mês gera uma redução de 655 kg de COV.

Diferentes autores, dentre eles Elias e Magalhães (2003), (Rizo 2012), Pamoanelli, Found e Bernades (2013), Oliveira (2016), validam que a implementação de princípios enxutos proporciona benefícios como a redução dos níveis de resíduos e, conseqüentemente, melhoria nos níveis ambientais, além de que a preocupação voltada ao meio ambiente e a busca por implantações de metodologias ambientais tem se tornado mais frequente entre as organizações. Todavia, até o momento poucas pesquisas exploraram as oportunidades de melhorias geradas pela integração entre as metodologias e boas práticas de PE e P+L.

Carrillo (2012) complementa que na PE geralmente não são incluídos, diretamente, aspectos ambientais como os resíduos sólidos, uso de energia, etc., e é nesse contexto, que o ambiente enxuto busca a introdução de características ambientais na aplicação de ferramentas enxutas nos processos.

Assim, este trabalho tem como objetivo identificar, na prática, tais oportunidades de melhorias e sugerir soluções que envolvam a aplicação de

ferramentas de ambas as metodologias, de formas individuais ou integradas, variando com a necessidade encontrada, na busca de um processo eficiente e sustentável. Além disso, o presente trabalho pretende contribuir com as pesquisas desta área, visto que apesar de ambas as metodologias serem bem conhecidas, a integração entre elas ainda é pouco explorada.

## 1.5 DELIMITAÇÃO DO TEMA

A partir de duas grandes áreas da Engenharia de Produção, a Produção Enxuta e a Produção Mais Limpa, este trabalho busca compreender, de forma geral, como essas metodologias podem trazer benefícios a partir da implementação de boas práticas nas organizações, além de analisar pontos de integração de tais práticas na resolução de problemas em um estudo de caso em uma empresa de grande porte que atua no ramo de construção civil.

Para identificar as contribuições das metodologias da PE e P+L, foi utilizada no estudo de caso a ferramenta MFV, a qual permite obter uma “fotografia” de todo o processo, facilitando na identificação das oportunidades de melhorias presentes.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção apresenta o referencial bibliográfico sobre a Produção Enxuta, Produção mais Limpa e a Integração entre as duas metodologias, abordando suas origens, princípios, principais ferramentas e conceitos.

### 2.1 PRODUÇÃO ENXUTA

A Produção Enxuta foi introduzida pela Toyota no Japão no final dos anos de 1940, com o Sistema de Produção Toyota (STP) após a Segunda Guerra Mundial, em um cenário instável, onde se tinha baixa disponibilidade de recursos e um mercado consumidor disperso devido à crise econômica vivenciada na época (BHASIN; BURCHER, 2006).

O termo “*Lean*” foi inicialmente apresentado por Krafcik (1998) em seu artigo “*Triumph of the Lean Production System*”, resultado das pesquisas do *International Motor Vehicle Program* – Programa Internacional de Veículos Automotores no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT).

Com os estudos deste programa, onde era analisado o desempenho das empresas praticantes da Produção Enxuta, Womack, Jones e Ross criaram a primeira edição do livro “*The Machine that changed the World – A máquina que mudou o mundo*”. Esta obra popularizou os conceitos da Produção Enxuta (PE) e mostrou o seu desempenho superior perante as 36 fabricantes de automóveis localizadas em diversas partes do mundo (QUEIROZ, 2015).

Liker (2005) afirma que o principal motivo do surgimento da PE foi à necessidade de processos rápidos e flexíveis que forneçam aos clientes o que eles desejam, quando o desejam, com alta qualidade e a um baixo custo. De acordo com Krafcik (1998) a Manufatura Enxuta na época tornou-se a forma mais viável de se atingir altos níveis de produtividade, complexidade dos produtos e qualidade, simultaneamente.

Rizzo (2012) alega que a Produção Enxuta surgiu como um sistema de manufatura cujo foco é melhorar os processos e procedimentos por meio da redução contínua de desperdícios. E que seus principais objetivos são: otimização,



qualidade, flexibilidade do processo, produção sob demanda, manter o compromisso com clientes e fornecedores, redução do custo de produção.

O conceito de Manufatura Enxuta se propagou ao redor do mundo e várias são as definições dadas a esta filosofia, dando origem a diversos conceitos. Shinohara (1988) definiu a PE como a busca por uma forma de produção que use o mínimo de equipamentos e mão-de-obra necessária para produzir bens, com qualidade, no menor tempo possível e sem a presença desperdícios – elementos que não contribuem para atender as expectativas do cliente.

Já Shah e Ward (2007) definiram a PE como um sistema integrado qual sua principal finalidade é eliminar os desperdícios por redução ou maximização concomitante de variabilidade de fornecedor, interna ou do consumidor.

Ohno (1997) confirma que os dois pilares necessários para a sustentação do STP são:

- *Just-in-time*; e
- *Jidoka* (Autonomação).

*Just-in-time*, segundo esse autor, significa que em um processo, as partes corretas necessárias à montagem chegam à linha de produção no momento certo em que são necessários e somente na quantidade requerida. Ele ainda salienta que uma empresa que estabeleça esse fluxo integralmente pode chegar ao estoque zero.

Autonomação ou *Jidoka*, segundo Leite *et al.* (2016) é o fundamento de garantia da mais alta qualidade, pois os pontos de anomalia devem ser detectados rapidamente, de forma que se possa garantir um produto livre de defeitos, seja possibilitando aos equipamentos ou aos operadores a capacidade de detecção e correção dos problemas ou impedindo que o erro ocorra.

Ainda de acordo com Ohno (1997), os equipamentos podem evitar problemas “automaticamente” e não pela simples automação. Tal afirmação implica dizer que as máquinas devem ter autonomia para parar a linha de produção se assim for necessário (Automação com um “toque humano”), na ocorrência de problemas que possam causar perdas.

### 2.1.1 Pensamento Enxuto

De acordo com Womack e Jones (1996) o pensamento enxuto é uma maneira de caracterizar valor, alinhar na melhor série de ações que criam valor,

desempenhar tais atividades sem interrupções assim que alguém as solicita e fazê-las de maneira cada vez mais eficaz.

Hines e Taylor (2000) e Womack e Jones (2004) definiram os cinco princípios do pensamento enxuto como:

1. Especificação de valor: o significado de valor de um produto deve ser determinado segundo a perspectiva do cliente final, considerando os aspectos relacionados com as suas necessidades e especificações.
2. Identificação da cadeia de valor: a cadeia de valor é o conjunto de ações que compõem os passos necessários para produzir o produto ao longo da linha de produção.
3. Geração de um fluxo de valor: baseada na cadeia de valor obtida, desenvolver ações a fim de criar um fluxo contínuo, ou seja, concentrar esforços para que as etapas de produção tenham o maior rendimento possível em termos de tempo, consumo de matéria prima e geração de defeitos e/ou retrabalhos.
4. Produção puxada: planejar e fornecer o que o consumidor deseja, e somente nas quantidades que ele solicitar. Tal mentalidade enxuta visa evitar acumulação de estoques intermediários e de produtos acabados.
5. Perfeição: busca da perfeição através da melhoria contínua, buscando a minimização dos desperdícios e a melhoria na qualidade dos produtos.

### 2.1.2 Tipos de Desperdícios

O pensamento enxuto permite sempre produzir mais utilizando menos: menos recursos, menos equipamentos, menos tempo, menos esforço humano, menos espaço, ou seja, com a eliminação de desperdícios pontuais do processo é possível oferecer aos clientes exatamente o que eles desejam (WOMACK; JONES, 2004).

Ohno (1997) afirma que a PE é o resultado da eliminação de sete tipos clássicos de desperdícios existentes dentro de uma empresa:

1. Superprodução: está relacionado ao fato de se produzir mais do que o necessário, ou seja, mais do que a demanda requerida pelos clientes.

2. Desperdício de tempo disponível (espera): ocorre geralmente quando há períodos de inatividade em um processo posterior devido a um processo anterior não ter sido encerrado a tempo.
3. Transporte: ocorre devido às movimentações de funcionários ou de materiais desnecessários e devem ser minimizadas, pois aumentam o tempo do processo, mas não adicionam valor ao mesmo.
4. Processamento extra: operações extras, tais como, retrabalho, reprocessamento, etapas adicionadas ao processo que não agregue valor na perspectiva do cliente.
5. Estoque ou inventário: é a perda em forma de estoque de matéria prima, material em processamento e produto acabado, que acaba se tornando desperdícios de investimento e espaço. Podem ser eliminados reduzindo os tempos de *lead times* e balanceando as linhas de produção.
6. Movimentação: movimentos desnecessários que são utilizados pelos operadores na execução de uma operação, mas não agregam valor ao processo.
7. Produtos defeituosos ou retrabalho: produtos ou serviços já acabados, mas que está fora das especificações ou expectativas dos clientes, gerando desse modo à necessidade de serem retrabalhados – refeitos – e os desperdícios de material, mão de obra, investimento, entre outros.

Slack (2009) sustenta que essas sete perdas devem ser perseguidas e eliminadas rapidamente. Já Womack e Jones (1996), em suas pesquisas, propuseram um oitavo desperdício, definido como:

8. Criatividade dos Funcionários: Baixa utilização dos recursos humanos, a falta de comunicação e difusão de suas ideias e criatividade que poderiam contribuir para melhorar o processo.

Manzan (2013) explica que essa maior participação do funcionário faz parte da incorporação do “pensamento enxuto” na cultura da empresa e é base da melhoria contínua.

### 2.1.3 Tipos de Atividades e Categorias de Desperdícios

Rizzo (2012) afirma que em qualquer sistema produtivo os processos correspondentes às transformações das matérias primas em produtos acabados são

compostos de diversas atividades que podem ou não agregar valor ao cliente final.

O autor ainda classifica essas atividades em três tipos:

- Atividades que agregam valor (AV): Aquelas atividades pela qual o cliente está disposto a pagar por sua execução.
- Atividades que não agregam valor (NAV): Aquelas atividades que o cliente final não se importa se foram realizadas ou não.
- Atividades que não agregam valor, mas são necessárias (NNVA): São aquelas que o cliente não dá valor, mas sua existência é fundamental para a execução das atividades que realmente dão valor ao produto final.

Hines e Taylor (2000) complementam que entre todas as atividades realizadas, nas empresas de manufatura, em média apenas 5% de atividades agregam valor; 60% das atividades não agregam valor; e 35% de atividades são necessárias, mas não agregam valor ao cliente final.

Leite et al. (2016) comprovaram através de um estudo de caso aplicado em uma empresa do ramo calçadista que a aplicação de ferramentas e práticas de PE reduzem as atividades que não agregam valor ao processo, visto que contribuem para a redução do *lead time*, tempos de *setup* das máquinas e ferramentas, além de aumentar a qualidade de produção e eliminar diversos desperdícios de manufatura.

#### 2.1.4 Principais Ferramentas *Lean*

A aplicação de algumas ferramentas “*lean*” no processo é fundamental para que a PE alcance os objetivos e contribuam na obtenção dos resultados. A seguir serão descritas algumas das principais ferramentas que são instrumentos básicos para a implantação de um sistema enxuto de produção.

- Mapa de Fluxo de Valor (MFV): consiste numa ferramenta de representação de mapas gráficos de processos que permite ajudar a compreender toda a sequência de atividades e fluxos de materiais e informação desde o fornecedor até ao cliente final. Devem ser incluídas todas as atividades, sendo que sob o ponto de vista do desperdício podem ser agrupadas em três conjuntos (WOMACK; JONES, 2003).

- *Kaizen*: programa de melhoria incremental que envolve todos os colaboradores da organização no esforço contínuo para resolução de problemas e aperfeiçoamento dos processos (SANTOS *et al*, 2017).
- *Judoka*: autonomia dada ao operador ou à máquina para detectar problemas ou parar a produção na ocorrência de qualquer anormalidade no processo (SANTOS *et al*, 2017).
- *Heijunka*: é um sistema que procura o nivelamento de produção, através do cálculo de procura do cliente, num dado período, para se tentar garantir um fluxo contínuo de produção, nivelando assim também as necessidades dos recursos de produção (GOMES, 2016).
- *Just in time*: significa que em um processo, as partes corretas necessárias à montagem chegam à linha de produção no momento certo em que são necessários e somente na quantidade necessária (OHNO, 1997).
- *Kanban*: é uma palavra de origem japonesa, que significa cartão, e “refere-se a uma ferramenta da filosofia *Lean Thinking* muito utilizada, a qual permite transmitir informação ao controle da produção através de um sistema de sinalização para controle dos fluxos de produção, de modo a informar que o posto de trabalho necessita de abastecimento” (GOMES, 2016, p. 10).
- Troca rápida de ferramenta: é uma ferramenta da baseada na metodologia da PE que busca reduzir o tempo de *setup*, ou seja, visa realizar o processo de troca de equipamento de produção de um produto para o outro no menor tempo possível (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2003).
- 5 S: o termo possui origem japonesa (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke*), que em português significa respectivamente Classificação, Organização, Limpeza, Padronização e Disciplina. De acordo com Liker (2005) a ferramenta permite um maior controle visual dos processos devido à limpeza e organização que estes apresentam.
- *Poka Yoke*: são dispositivos empregados na produção com o objetivo de evitar erros de origem humana (ESPOSTO, 2008).
- Gestão visual: de acordo com Locher (2008) a gestão visual está ligada à padronização, de modo que facilita o entendimento comum da equipe,

independente de estar em forma eletrônica ou física, torna os problemas claramente visíveis e mostra o escopo do projeto com indicadores de qualidade, tempo e custo. Quadros visual com cronograma dos projetos auxiliam a visualização do cumprimento dos prazos estipulados e a tomada de medidas preventivas em tempo, quando necessário, colaborando com o desempenho do projeto.

- **Produção Puxada:** na produção puxada uma etapa do processo inicial não deve produzir um bem ou um serviço ou a combinação de ambos, sem que o cliente (interno ou externo) da etapa posterior do processo, o solicite (WOMACK; JONES, 1998).
- **Total Productive Maintenance (TPM):** a manutenção produtiva total é uma ferramenta que promove a manutenção de primeiro nível em que os operadores conseguem executar pequenas reparações nas máquinas. O operador cuida do seu próprio equipamento (GOMES, 2016).

A implementação de princípios e ferramentas enxutas geram diversas vantagens competitivas como a melhora de tempo de resposta ao cliente, diminuição de estoque e melhoria da gestão visual. Ferreira et al (2016) elenca algumas contribuições dessas ferramentas, as quais são apresentadas no Quadro 1.

**Quadro 1- Princípios e ferramentas da PE**

(continua)

<b>Princípios e ferramentas da PE</b>	<b>Contribuições</b>
<i>Kaizen</i>	Melhoria contínua.
<i>Just-in-time</i>	Redução de estoques, tempo e desperdícios.
Descentralização de responsabilidades	Redução de tempo na tomada de decisão, aumento da autonomia e simplicidade dos processos.
Fluxo contínuo de produção	Redução de estoques, tempo e desperdícios.
Trabalho padronizado	Aumento da qualidade, redução de tempo e desperdícios.
Desenvolvimento de pessoas	Aumento da autonomia, qualidade e flexibilidade, redução de desperdícios.
Manufatura celular	Aumento da flexibilidade e redução de tempo.
5 s	Redução de desperdícios e tempo.
Manutenção preventiva total (TPM)	Redução de desperdícios e tempo e aumento da qualidade e autonomia.

**Quadro 1 - Princípios e ferramentas da PE****(conclusão)**

<b>Princípios e ferramentas da PE</b>	<b>Contribuições</b>
Zero defeitos	Redução de desperdícios, aumento da qualidade.
Produção puxada ( <i>Kanban</i> )	Redução de desperdícios.
Nivelamento da carga de trabalho ( <i>Heijunka</i> )	Aumento da flexibilidade, redução de tempo e desperdícios.
Autonomação ( <i>Jidoka</i> )	Aumento da autonomia e qualidade, redução de desperdícios e tempo.
Gestão Visual	Aumento da qualidade e autonomia.
Mapeamento de processo	Redução de desperdícios, aumento da qualidade.
Troca rápida de ferramenta	Redução de tempo e desperdícios, aumento da flexibilidade.
Melhoria radical ( <i>kaikaku</i> )	Aumento da qualidade e autonomia, redução de desperdícios.
Mapeamento de fluxo de valor	Redução de desperdícios.
Ferramentas de controle da qualidade	Aumento da qualidade e redução de desperdícios.
<i>Poka yoke</i>	Aumento da qualidade e redução de desperdícios.

**Fonte: Ferreira et al. (2016)**

Já Godinho Filho e Fernandes (2004) apresentaram, como segue no Quadro 2, as principais ferramentas aplicáveis à eliminação de cada uma das sete fontes de desperdícios propostas por Taiichi Ohno.

**Quadro 2 - Aplicação das ferramentas lean nos tipos de desperdícios****(continua)**

<b>Desperdícios</b>	<b>Ferramentas</b>
Espera	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mapeamento de fluxo de Valor (MFV);</li> <li>• Manutenção Produtiva Total (TPM);</li> <li>• Melhoria na relação cliente-fornecedor/redução do número de fornecedores;</li> <li>• Trabalhar de acordo com o takt-time;</li> <li>• <i>Just-in-time</i>.</li> </ul>
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MFV;</li> <li>• Tecnologia de grupo;</li> <li>• Trabalho em fluxo contínuo para a reduzir do tamanho os tamanhos dos lotes de produção;</li> <li>• TPM.</li> </ul>
Movimentação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MFV;</li> <li>• 5 s;</li> <li>• Trabalho em fluxo contínuo/redução do tamanho de lotes.</li> </ul>
Estoque / Inventário	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MFV;</li> <li>• Trabalho em fluxo contínuo/redução do tamanho de lotes.</li> </ul>

**Quadro 2 - Aplicação das ferramentas lean nos tipos de desperdícios****(conclusão)**

<b>Desperdícios</b>	<b>Ferramentas</b>
Produção extra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MFV;</li> <li>• 5 s;</li> <li>• Trabalhar de acordo com o <i>takt time</i> /produção sincronizada.</li> </ul>
Retrabalho / Defeitos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MFV;</li> <li>• Ferramentas de controle de qualidade;</li> <li>• Zero defeito;</li> <li>• <i>Poka yoke</i>.</li> </ul>
Processos Inadequados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MFV;</li> <li>• 5 s.</li> </ul>

**Fonte: Adaptado de Godinho Filho e Fernandes**

Desse modo, fundamentado nas afirmações dos autores citados nos Quadros 1 e 2, é possível compreender alguns dos benefícios das ferramentas da PE e como cada ferramenta pode colaborar na minimização ou eliminação desses desperdícios presentes nos processos.

Portanto, o entendimento de como essas ferramentas colabora na solução de alguns problemas de processos será fundamental no decorrer do estudo de caso, onde após o mapeamento do processo da empresa estudada serão elencadas ferramentas tanto da PE como da P+L para elaboração das propostas de melhorias.

## 2.2 PRODUÇÃO MAIS LIMPA

Segundo Manzan (2013) a limitação da capacidade de regeneração da natureza fez com que fosse proposto um conceito mais amplo de proteção ambiental, que significasse um avanço em relação às meras medidas de contenção de poluição.

Nesse contexto surgiu, no início década de 90, a ideia da P+L, que foi oficialmente definida pela *United Nations Environment Programme* (UNEP) como a aplicação contínua de uma estratégia ambiental integrada para processos, que tem como objetivo promover uma utilização mais eficiente das matérias-primas, incluindo água e energia, para reduzir as emissões e resíduos na fonte e reduzir os riscos para as pessoas e o meio ambiente (UNEP, 2002).



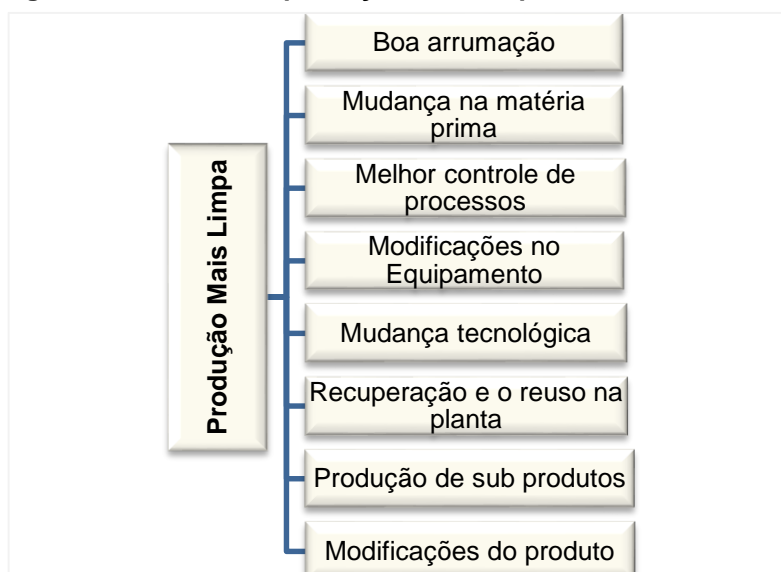
Para propagar essa prática, os países industrializados se comprometeram a fornecer aos países em desenvolvimento o acesso a métodos, práticas e técnicas de produção sustentáveis. Este compromisso foi incluído na Agenda 21, que foi acordada durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD) no Rio de Janeiro em 1992 e posteriormente, a *United Nations Industrial Development Organization* (UNIDO) e o UNEP lançaram projetos piloto de Produção Limpa (CP) para demonstrar estratégias ambientais preventivas em países selecionados (UNIDO; UNEP, 2010).

Com o sucesso dos projetos, a UNIDO e o UNEP lançaram em conjunto um programa para estabelecer Centros Nacionais de Produção mais Limpa (NCPCs). Estes foram estabelecidos para fornecer serviços a empresas, governos e partes interessadas no seu país de origem e contribuir para melhorar o desempenho ambiental e eficiência de recursos de empresas e outras organizações, aumentando sua produtividade e a competitividade (UNIDO; UNEP, 2010).

A P+L é uma abordagem sistemática para atividades de produção, a qual tem efeitos positivos no meio ambiente. Estas atividades incluem redução de uso de recursos, ecoeficiência melhorada e redução na fonte, com objetivo de melhorar a proteção do meio ambiente e minimização dos riscos para os organismos (GLAVIC; LUKMAN, 2006).

Na representação esquemática da Figura 1 são apontados os oitos princípios fundamentais da P+L apresentados pela UNEP (1991).

**Figura 1 - Modelos de produção mais limpa**



Fonte: Adaptada de UNEP (1991)

Rizzo (2012, p. 27), afirma que “a P+L atua na fonte de geração de resíduos de forma preventiva, buscando identificar alternativas para evitar ou minimizar sua geração durante as varias etapas de um processo produtivo”.

Ainda segundo a UNEP (2006), em essência, a aplicação da P+L protege o meio ambiente, o consumidor e o trabalhador ao mesmo tempo em que melhora a eficiência industrial, rentabilidade e competitividade.

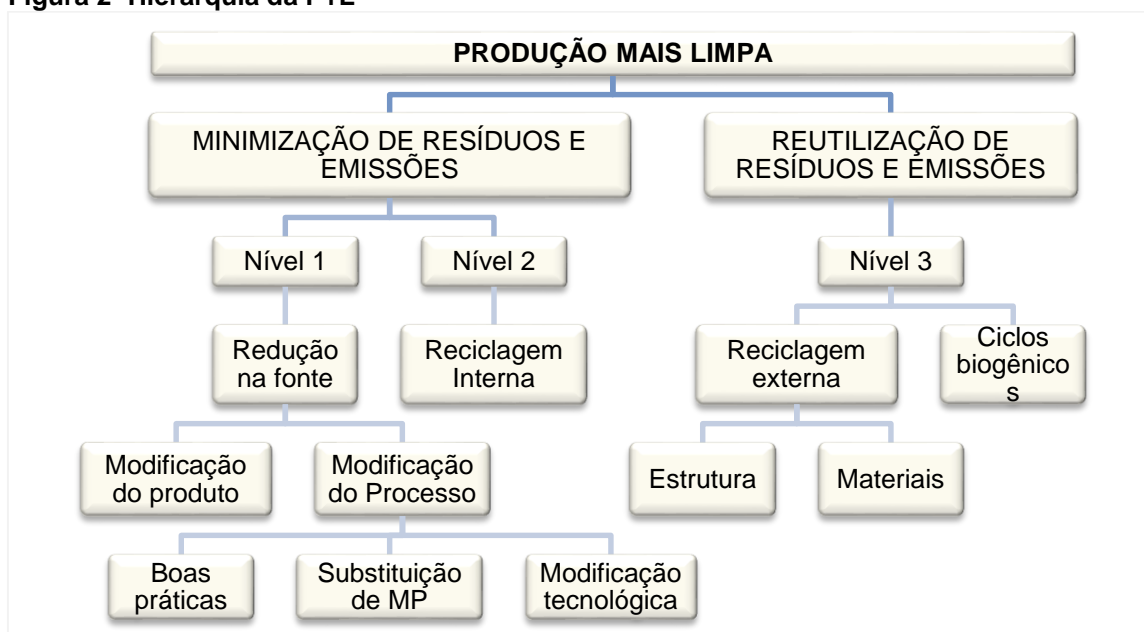
Na literatura também pode ser encontrado o termo *Pollution Prevention (P2)*, no português “Prevenção à Poluição”. A *United States Environmental Protection Agency - EPA - (1998)* define a P2 como uma abordagem de gestão ambiental que enfatiza a eliminação e/ou redução de resíduos diretamente na fonte de geração. Tal conceito surgiu na realização da necessidade de olhar para todos os tipos de resíduos, a fim de proteger de forma abrangente e adequada o meio ambiente e conservar os recursos naturais, o que se assemelha aos princípios de P+L.

De acordo com o Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL) (2006), a P+L procura evitar a poluição antes mesmo que esta seja gerada, e que suas principais metas ambientais são:

- Eliminação/Redução de resíduos;
- Produção sem poluição;
- Eficiência Energética;
- Saúde e segurança no Trabalho;
- Produtos ambientalmente adequados; e
- Embalagens ambientalmente adequadas.

CNTL (2003) destaca que fundamentando-se nas principais causas da geração de resíduos, tais como: falta de manutenção preventiva; processamento inapropriado; MP de baixa qualidade; manuseio inadequado; recursos humanos não qualificados; as ações de P+L podem ser aplicadas por meio de modificações em vários níveis de atuação como mostra a Figura 2.

Figura 2- Hierarquia da P+L



Fonte: Centro Nacional Tecnologias Limpas (2006)

A P+L é caracterizada por ações que privilegiem o Nível 1 como prioritárias, seguidas do Nível 2 e do Nível 3. Oliveira (2016) complementa que a ordem dos níveis de aplicação que as empresas devem seguir para a aplicação da P+L deve priorizar as opções que apresentam maior desempenho ambiental e econômico dentro dos seus limites econômicos e tecnológicos.

Rizzo (2012) classifica esses três níveis de minimização de resíduos e emissões como:

a) Nível 1: evitar a geração de resíduos e emissões com redução na fonte:

- Modificações no produto, por meio de técnicas de desenho ecológico eco-design, e o estudo do ciclo de vida do produto;
- Mudanças de processo através de melhoria de práticas operacionais buscando progresso no desempenho dos processos operacionais. Através da substituição de matérias primas, que gerem aspectos impactantes ao meio ambiente ou à produtividade; mudanças tecnológicas, inclui a introdução de processos automatizados, otimização de processos, redesenho de equipamentos, substituição de processos que permitam melhor desempenho ambiental, por meios de dispositivos que permitam controlar a geração de resíduos ou desperdícios, ou pela otimização ou eliminação de sub-processos.

- b) Nível 2: os desperdícios que não podem ser evitados devem ser reintegrados ao processo de produção da empresa, através de práticas de reutilização direta ou de reciclagem interna.
- c) Nível 3: Na sua impossibilidade, medidas de reciclagem fora da empresa podem ser utilizadas. Para introduzir técnicas de P+L em um processo produtivo, podem ser utilizadas várias estratégias, tendo em vista metas ambientais, econômicas e tecnológicas.

Tendo isto em vista, a EPA (2001) lista alguns benefícios da execução da estratégia, P+L:

- Redução dos custos operacionais: Colabora com a economia em longo prazo, todavia alguns projetos têm retornos em períodos curtos. A P+L pode resultar em economias por meio de reduções de energia e água, além de aumentar a produtividade dos materiais e economia com os custos de disposição dos resíduos.
- Melhorar a segurança do operador: Redução de materiais tóxicos ou perigosos no local de trabalho.
- Melhorar os Processos: Pode melhorar a produtividade de uma organização através de um uso mais eficiente de matérias-primas nos processos e operações.
- Redução da exposição aos custos futuros de passivo: a redução do passivo potencial em longo prazo em relação à eliminação, emissões e as descargas de resíduos tornou-se uma preocupação importante nos últimos anos. Pode ajudar a reduzir a responsabilidade por longo prazo, reduzindo a quantidade e a toxicidade dos resíduos gerados.
- Melhorar a imagem da empresa: pode colaborar para que a empresa ganhe uma imagem positiva com a sociedade por mostrar que estão dispostos a fazer mudanças para melhorar o meio ambiente.
- Aumenta a conservação dos recursos: Pode gerar menor consumo de água, energia, materiais e menor geração de resíduos.
- Aumento de produtividade: Melhorias no processo, substituição de MP ou mudanças nos procedimentos com intuito de utilizar a MP de forma mais eficiente e conseqüentemente aumentando a produtividade.

UNEP (2004) ainda afirma que a P+L é um dos métodos mais eficientes de proteção ambiental, visto que pode reduzir a necessidade de tecnologias de alto custo e ainda reduz riscos de longo prazo associados com a disposição de resíduos no meio ambiente.

### 2.2.1 Práticas de Produção Mais Limpa

Segundo a UNIDO-UNEP (2010) o programa *Resource Efficient and Cleaner Production* (RECP) reconhece que os métodos e práticas de P+L geram múltiplos benefícios que são relevantes para muitos dos desafios globais mais urgentes desta década, incluindo:

- Alívio das emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) e adaptação às mudanças climáticas;
- Responder à crescente escassez de água, combustíveis e outros materiais;
- Proporcionar empregos decentes; e
- Parar a degradação ambiental.

Fresner (1998) afirma que algumas dessas práticas podem ser utilizadas com o intuito de fomentar a P+L, tais como:

- Treinamento de funcionários, melhoria nos dados disponíveis e comunicação entre departamentos;
- Gestão de materiais e energia;
- Logística melhorada;
- Substituição de matérias primas por outras que tragam menos danos ao meio ambiente, e que possam ser de maneira mais eficiente ou possam ser reciclados internamente ou externamente;
- Modificações nos produtos para eliminar etapas de manufatura que gerem impactos ambientais;
- Reciclagem interna;
- Modificação dos processos com intuito de reduzir a emissão de GEE e resíduos; e
- Introdução dos resíduos em redes de reciclagem externas.

Manzan (2013) complementa que é necessário usar todas as ferramentas cabíveis para se alcançar os objetivos de economia de recursos e minimização de

resíduos. No Quadro 3 é possível associar algumas práticas mais limpas aos oito princípios da P+L apresentado anteriormente na Figura 1.

**Quadro 3 - Práticas relacionadas à P+L**

<b>Princípios e definições</b>	<b>Práticas Associadas</b>
Boa Arrumação	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manter o local de trabalho limpo e organizado como forma de facilitar a detecção de problemas de segurança e operação, revelando possíveis defeitos, vazamentos ou desperdícios de matéria prima.</li> <li>- Fazer a manutenção preventiva contemplando análise de rendimento da máquina, consumo de energia, emissão de poeira e ruídos.</li> </ul>
Mudança na Matéria prima	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Substituir matérias prima de fonte não renováveis ou que provenha características tóxicas ou perigosas.</li> <li>- Estimular a cadeia de suprimentos a ter um comportamento sustentável.</li> <li>- Utilizar um substituto para matérias primas ou insumos que tenham um maior ciclo de vida ou que possa ser reciclado várias vezes.</li> </ul>
Melhor controle de processo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estabelecer instruções de trabalho visando o rendimento de matéria prima.</li> <li>- Determinar metas de redução de gastos de energia elétrica, combustíveis e emissão.</li> <li>- Registrar a quantidade e qualidade das emissões resultantes do processo de produção, independente da forma ou estado físico.</li> </ul>
Modificações no equipamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instalar equipamentos automáticos de monitoramento das máquinas para melhor controle do processo e a eficiência do consumo de energia.</li> <li>- Atualizar e reformar equipamentos de modo a obter maior rendimento dos mesmos e reduzir taxas de emissões (gasosa, líquida, sólida ou sonoras) resultantes do processo de produção.</li> </ul>
Mudança tecnológica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adotar novos processos e tecnologias que sejam ambientalmente eficientes.</li> <li>- Adaptar os processos atuais para torná-los mais simples, transformando a matéria prima de uma forma que gere menos desperdícios.</li> <li>- Organizar os grupos de trabalhos formados por clientes, fornecedores e funcionários para desenvolver soluções que melhorem o produto ou o processo.</li> </ul>
Recuperação e reuso da planta	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reaproveitar todo material gerado na produção.</li> <li>- Dar preferência para a utilização de matérias que possam ser reutilizados no próprio processo de produção.</li> <li>- Alterar o processo de produção para permitir que as sobras de material sejam utilizadas no próprio processo de produção.</li> </ul>
Produção de subprodutos úteis	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transformar os resíduos produzidos em materiais úteis para serem utilizados ou reciclados por outra empresa.</li> <li>- Descartar resíduos de forma a serem reutilizados/reciclados por outras empresas.</li> </ul>
Modificação do produto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Projetar produtos que utilizem MP mais adequados à recuperação/reciclagem.</li> <li>- Incentivar a recompensar ideias ao de funcionários, clientes e fornecedores ligadas a alterações que tragam benefícios ambientais.</li> <li>- Fornecer informações ao consumidor para reduzir o impacto ambiental decorrente da utilização do produto ou da disposição final.</li> <li>- Modificar produto para diminuir o impacto ambiental de sua utilização e possibilitar sua reutilização ou reciclagem.</li> </ul>

Fonte: Adaptado UNIDO (1991); MANZAN (2013).

Contudo, mesmo proporcionando tantos benefícios, ainda existem algumas barreiras que dificultam o sucesso da implementação da P+L nas organizações. EPA (2001), CNTL (2003) e UNEP (2004) citam algumas delas:

- Resistência à mudança;
- Ausência de informações sobre os benefícios da P+L;
- Receio de afetar a produtividade e qualidade do produto;
- Insuficiência de recursos;
- Pressão para resultados em curto prazo;
- Disponibilidade de tempo e conhecimentos técnicos;
- Falta de percepção do retorno do investimento;
- Dificuldade de acesso a tecnologias limpas;
- Estrutura de política ambiental mal desenvolvida.

EPA (2001) destaca que identificar e conhecer essas barreiras são de extrema importância para que se possa tomar medidas corretivas e superá-las, ainda ressalta que o comprometimento dos gerentes é um elemento fundamental para o sucesso do programa de implementação.

### 2.3 INTEGRAÇÃO ENTRE A PRODUÇÃO ENXUTA E A PRODUÇÃO MAIS LIMPA

Oliveira (2016) afirma que a competitividade entre as empresas aumenta a necessidade de respostas rápidas e adequadas às exigências do mercado e, para responder estas demandas, as organizações buscam aumentar a qualidade de seus produtos e reduzir os custos, tempo de processamento, e recentemente, os impactos ambientais causados por seus produtos e processos.

Wallace (1995) atesta que a melhoria incremental trazida pela PE intensifica as oportunidades de redução de resíduos e emissões, bem como, à prevenção à poluição. Flórida (1996) verificou em seus estudos que os funcionários que trabalham num ambiente de PE possuem melhores condições para obter meios de prevenir à poluição, especialmente devido ao processo de maximização da autonomia e participação dos colaboradores nas decisões da empresa.

Flórida (1996) ainda afirma que a inovação tecnológica demandada para a manufatura avançada nas organizações estimula as melhorias ambientais no

desempenho industrial. Logo, a utilização conjunta das técnicas da produção enxuta e da gestão ambiental pode contribuir, de forma sistêmica, para alcançar melhores resultados organizacionais e intensificar o atendimento das necessidades dos clientes (VASCONCELOS; NETO; VIANA, 2013).

King e Lenox (2001) sustentam que a adoção das práticas PE pode de imediato reduzir a poluição e diminuir as barreiras para a implementação de medidas de redução de poluição, além de defenderem a hipótese de que quanto mais comprometida a empresa estiver com a PE, menos resíduos serão gerados na fonte e, conseqüentemente, menor será a necessidade de tratamentos no final da linha de produção.

Todavia, EPA (2003) salienta que embora a PE produza benefícios ambientais e estabeleça uma cultura de eliminação de resíduos baseada em melhoria contínua, os métodos enxutos não incorporam explicitamente considerações de desempenho ambiental, deixando oportunidades de melhoria ambiental de lado e em muitos casos, os métodos enxutos possuem "pontos cegos" em relação ao risco ambiental e aos impactos do ciclo de vida.

Morengi, Andrade e Rosano (2006) atestam que a P+L e a PE, são estratégias que se complementam em suas aplicações práticas e, desta forma propicia às organizações a consecução três desafios à manufatura moderna:

- Flexibilidade para a produção de produtos, peças e componentes;
- Produtos com melhor conformação ambiental, ou seja, a eficiência sustentável da manufatura com o meio ambiente (*trade-off*); e
- Responsabilidade pelas fases finais dos ciclos dos produtos.

Ainda afirmam que isso resultará em organizações com melhor capacidade competitiva, e o meio ambiente com menores taxas de acúmulo de resíduos e impactos ambientais. Assim, tal integração consegue solucionar os pontos cegos deixados pela PE.

EPA (2003) assegura que a PE produz um ambiente operacional e cultural altamente propício à minimização de resíduos e à prevenção da poluição (P2). Além disso, alega que os métodos de PE se concentram em melhorar continuamente a produtividade dos recursos e a eficiência da produção, o que frequentemente se traduz em menos material, menos capital, menos energia e menos desperdício por unidade de produção. Ainda sustenta que a PE promove uma cultura sistêmica,



envolvendo empregados e melhoria contínua, como as focadas em sistemas de gestão ambiental, minimização de resíduos, prevenção da poluição e design para o meio ambiente, entre outros.

No Quadro 4 encontra-se uma associação estabelecida pela EPA dos sete tipos de desperdícios da PE relacionados com os possíveis impactos ambientais que estes podem gerar.

**Quadro 4 - Desperdícios de Manufatura e possíveis impactos ambientais**

<b>Desperdícios da PE</b>	<b>Possíveis Impactos Ambientais</b>
Superprodução	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso de energia e MP desnecessariamente;</li> <li>- Produção excedente pode gerar produto obsoleto sendo necessário o descarte;</li> <li>- Uso extra de materiais perigosos resultando em emissões, disposição de resíduos no meio ambiente, entre outros.</li> </ul>
Estoque	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necessidade de mais embalagens para inventários;</li> <li>- Aumento no consumo de energia para armazenar os produtos (refrigeração, iluminação, etc.);</li> <li>- Descarte devido à deterioração causado no estoque.</li> </ul>
Movimentação e transporte desnecessário	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emissão de transporte e consumo de mais energia para transportar;</li> <li>- Danos durante o transporte;</li> <li>- Mais embalagens para proteger os componentes durante o transporte.</li> </ul>
Defeitos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Materiais e energia desperdiçados;</li> <li>- Necessidade de reciclagem ou descarte;</li> <li>- Mais espaço é necessário para retrabalho e reparos, aumentando o uso de energia para aquecimento, resfriamento, iluminação, entre outros.</li> </ul>
Processamento Inadequado	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maior consumo de materiais por unidade de produto;</li> <li>- Aumento no consumo de energia, aumento nas emissões e quantidade de resíduos.</li> </ul>
Espera	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desperdício de energia a partir de aquecimento, refrigeração e iluminação durante o tempo ocioso de produção;</li> <li>- Potencial de deterioração de componentes causando perdas.</li> </ul>

**Fonte: Adaptado de EPA (2003)**

Nota-se que a contribuição dos esforços da PE são totalmente significativos para a geração de benefícios ambientais por meio da metodologia focada na melhoria contínua dos processos e na eliminação dos resíduos (OLIVEIRA, 2016).

Rizzo (2012) afirma que a PE e a P+L compartilham estratégias de aplicação similares no melhoramento da qualidade dos processos produtivos, a recuperação de alguns materiais, redução de resíduos e, portanto, a redução de custos associados, a melhoria da eficiência de operações habilitando as organizações e as

empresas a alcançar suas metas econômicas e, simultaneamente, contribui com a preservação do meio ambiente.

No Quadro 5 são apresentadas algumas ferramentas similares da PE do pensamento “verde”, e as vantagens que estas trazem para a organização.

**Quadro 5 - Similaridade entre as práticas PE e P+L**

<b>Principais Técnicas</b>		<b>Vantagens</b>
<b>Produção Enxuta</b>	<b>Produção Mais Limpa</b>	
Kanban	Matriz MER (Materiais, Energia, Resíduos)	Redução de inventário juntamente com a diminuição da possibilidade de deterioração dos materiais, gerando assim, resíduos e sua disposição no meio ambiente através da análise dos materiais necessários, energia empregada no processo e os resíduos gerados, identificando quais deles podem ser reutilizados.
Manufatura celular	Análise de risco	Redução da movimentação dos materiais, reduzindo a possibilidade de destruição na manipulação, diminuição da movimentação de materiais evitando consumo de energia.
MFV	Eco mapeo LCA SVSM	Melhor visibilidade do processo produtivo e rápida identificação de desperdícios, possibilitando o uso racional dos recursos, com benefícios para o meio ambiente; incluindo o análise da probabilidade dos efeitos sobre ele através de uma visão probabilística dos efeitos.
Manutenção Produtiva Total (TPM)	Redução energética	Diminuição das paradas de máquinas para manutenção. A manutenção mais adequada possibilita também melhor rendimento da máquina colaborando, assim, para um menor consumo de energia.
5S	6R (Reciclar, Reduzir, Redesenhar, Revender, Reaproveitar e Reusar)	Visualiza os problemas de produção apagando as causa do desperdício, incorpora a maneira em que se comunica o programa de produção aos processos operativos; permite identificar as áreas do processo produtivo que requerem intervenção para melhorar o desempenho ambiental, organiza dados para avaliar estratégias de prevenção da contaminação, reduzindo custos e consumo de recursos.
Kaizen	Auditorias Ambientais	As auditorias ambientais fazem parte da melhora continua de todos os processos presentes na empresa, otimizando o uso dos recursos, medir as melhoras, dirigir inovações, lograr metas, responder a pressões do mercado e programar estratégias de gestão.
Jus in time	Matriz MER	Produzir o necessário, quando necessário, evita acumulação do estoque, o que tem uma relação direta com os distintos impactos ambientais.

Fonte: Adaptado de Rizzo (2012)

Rizzo (2012) conclui que a integração da PE e da P+L é uma alternativa viável e recomendável para as empresas. Pamoanelli, Found e Bernades (2013) em sua pesquisa comprovaram que a integração entre a PE e gestão ambiental é uma boa estratégia de prevenção da poluição. Os resultados confirmam a redução

do impacto ambiental e o aumento da produtividade no uso de recursos em média de 30-50% para as células que estavam totalmente de acordo com o modelo de integração. Os autores ainda sustentam que a PE leva às iniciativas de sustentabilidade, e que o pensamento enxuto aborda a sustentabilidade econômica, a sustentabilidade ambiental e, ainda, que consideram que o pensamento enxuto que foi expandido para atingir um objetivo muito mais amplo.

A minimização de perdas e a minimização de resíduos é o objetivo tanto da P+L como da PE, os dois enfoques procuram alcançar, através de ações preventivas na fonte de geração. Os resultados são possíveis ainda que a PE não tenha um enfoque ambiental, procura fornecer um incremento da produtividade e qualidade, através da redução contínua de desperdícios (RIZZO, 2012).

Outro benefício da P+L com a implantação de Produção Enxuta são os ganhos econômicos, já que com a otimização dos processos, minimizando a utilização dos recursos para atingir a mesma meta de produção, a empresa está reduzindo custos e terá capacidade de ter preços mais competitivos e gerar maiores lucros (ELIAS; MAGALHÃES, 2003).

Rizzo e Botocchi (2011) destacam que a utilização das técnicas de produção enxuta e as de produção mais limpa convergem no mesmo ponto: a eliminação de desperdícios; e aplicação da mesma depende da responsabilidade das empresas e de sua adaptabilidade ao mercado, já que muitas são as dificuldades da implantação de estratégias sustentáveis, entre elas, o desconhecimento das organizações, a falta de políticas do governo na diminuição dos impostos, a capacidade financeira de elas e adoção de novas tecnologias.

Enfim, a aplicação da Produção Enxuta e da Produção Limpa contribui efetivamente para a melhoria da competitividade das indústrias, pois ambas têm como benefícios, o aumento da produtividade, melhoria da qualidade, otimização na utilização da matéria-prima, dos insumos, fatores esses que são de extrema importância em relação à necessidade da busca contínua da excelência empresarial no mundo atual (VAZ; OLIVEIRA; RESENDE, 2008).

Assim, pode-se concluir que apesar da metodologia da PE estar mais direcionada para resultados financeiros e a P+L para resultados/ganhos ambientais, ambas possuem similaridades, e podem ser implementadas e gerenciadas de forma conjunta nas organizações, proporcionando maior competitividade as empresas.

### 3 METODOLOGIA

Na seção 3 são apresentados os métodos de pesquisas utilizados neste trabalho. Iniciando com a classificação da pesquisa (3.1), seguido pelas etapas que constituem a metodologia deste trabalho.

#### 3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa científica visa a conhecer um ou mais aspectos de um determinado assunto. Segundo Prodanov e Feitas (2013) a forma clássica de classificá-la é em relação à sua natureza, à forma de abordagem do problema, quanto aos seus objetivos e quanto aos procedimentos adotados.

Assim, este trabalho é classificado da seguinte maneira:

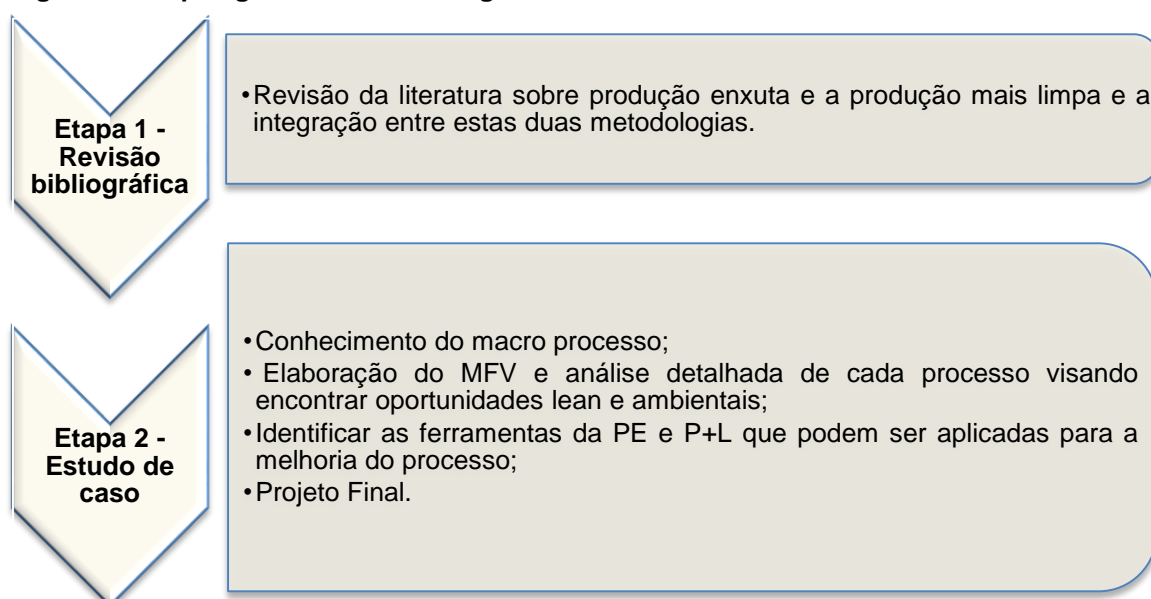
1. Quanto sua natureza: pesquisa aplicada. Caracteriza-se aplicada porque tem por objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática dirigida à solução de problemas específicos, envolvendo somente verdades e interesses locais.
2. Quanto à forma de abordagem do problema: qualitativa. A pesquisa se mostra ser qualitativa porque algumas das melhorias não poderão ser mensuradas antes de suas devidas implantações, mas a partir do entendimento das metodologias da PE e P+L, hipoteticamente, sabe-se que tanto o processo quanto o meio ambiente serão beneficiados.
3. Quanto aos objetivos: exploratória. Santos (2007) afirma que a pesquisa exploratória geralmente é a primeira aproximação com o tema e visa criar maior familiaridade em relação a um fato ou fenômeno. Este tipo de pesquisa envolve um levantamento bibliográfico, de modo a encontrar na literatura os pontos de convergência e divergências destas metodologias.
4. Quanto aos procedimentos adotados: pesquisa bibliográfica e estudo de caso. Utiliza-se pesquisa bibliográfica no levantamento de referências teóricas já analisadas e publicadas por meio de livros, artigos científicos, revistas científicas, entre outros, para melhor conduzir o estudo. E ainda

um estudo de caso em uma empresa para analisar os pontos de integração entre as metodologias propostas. Yin (2001) define o estudo de caso como um estudo profundo e exaustivo dos fatos objetos de investigação, permitindo um amplo e pormenorizado conhecimento da realidade e dos fenômenos pesquisados.

### 3.2 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA

De forma a responder a pergunta de pesquisa e alcançar os objetivos definidos na seção 1, a metodologia empregada para esta pesquisa se resume em duas etapas principais, conforme descrito na Figura 3.

**Figura 3 - Etapas gerais da metodologia**



**Fonte: Autoria própria**

A primeira etapa constituiu em fazer uma revisão bibliográfica exploratória sobre conceitos, abordagens e principais ferramentas da PE e P+L, além de analisar pontos e meios de integração destas metodologias, que já foram estudados em pesquisas anteriores.

A pesquisa foi realizada a partir de livros, artigos científicos de revistas e congressos, dissertações, teses e normas técnicas. Para a obtenção dos materiais necessários foram utilizados como fonte de pesquisa, principalmente, as bases de

dados *Scholar Google*, *Science Direct* e a biblioteca digital de Teses e Dissertações da USP.

Como filtro de pesquisa foram utilizadas as palavras chaves: Produção Enxuta, *Lean Manufacturing*, Produção mais Limpa, *Cleaner Production* e *Green Lean*. Para seleção do material científico usado na primeira etapa foram lidos os resumos dos mesmos e os quais apresentavam nexos com a proposta deste trabalho foram selecionados e lidos completamente, já os demais foram excluídos.

A segunda etapa baseou-se na realização de um estudo de caso em uma empresa de grande porte que atende ao mercado de construção civil, localizada na região Sul do país.

O estudo de caso foi desenvolvido no setor de pincéis imobiliários, local onde o autor atua como estagiário. Inicialmente foi feita a definição das famílias de produtos, onde, por meio de uma matriz “produto vs processo”, foram identificados produtos que tinham similaridade de processos e, estes foram agrupados na mesma família. Definidas as famílias de produtos, em conjunto com a coordenação e gerência foi determinado que a família de produtos da Linha Automática seria a primeira a se atuar, devido às novas e otimistas projeções de vendas.

Em seguida, foi realizada uma análise detalhada em cada processo, visando encontrar oportunidades não identificadas no MFV. Finalizada a fase de análise, foram listadas todas as oportunidades de melhorias e classificadas em oportunidades de aspectos ambientais ou lean.

A fase seguinte constituiu em relacionar ferramentas para solucionar os problemas encontrados em cada processo, além de identificar em qual nível hierárquico da P+L as alterações se encontram. Nestas duas últimas fases foram analisados, juntamente aos processos da linha, os princípios trazidos pela P+L com o intuito de identificar oportunidades de aspectos ambientais, ou seja, procurando identificar fontes de geração de resíduos e propor solução para eliminar ou minimizar tal geração no decorrer do processo.

Com as propostas das melhorias realizadas, por fim, foi desenhado o estado futuro do MFV, incluindo todas as sugestões de melhorias propostas nas etapas anteriores conforme apresentado na seção 4.

## 4 RESULTADOS

Nesta seção são apresentadas as descrições dos processos, bem como às análises e os resultados obtidos no estudo de caso.

### 4.1 DESCRIÇÕES DO PROCESSO

Tendo por base a família de produtos da Linha Automática o processo produtivo inicia-se paralelamente nos setores de injeção e metalurgia, onde são produzidos, respectivamente, os cabos plásticos e as virolas (suporte metálico), que são componentes básicos para a montagem do pincel imobiliário.

Após manufaturar os componentes básicos, eles são encaminhados para o setor de montagem. A linha com estrutura para a montagem dos produtos desta família é a Linha automática, que é o conjunto de oito máquinas que são interligadas em um fluxo contínuo e controladas via sensores, conforme apresentado em destaque na Figura 4.

**Figura 4 - Fluxograma do processo**



Fonte: Autoria própria

Em seguida, essas peças são encaminhadas para o setor onde estão localizadas as linhas de montagem. O processo na linha automática inicia com a alimentação do equipamento com virolas metálicas e com as cerdas e/ou filamentos para que a máquina realize o processo de inserir automaticamente os filamentos sintéticos e/ou cerdas nas virolas.

Na sequência as cabeças já montadas caminham por uma esteira onde é realizado o processo de colagem das cerdas e/ou filamentos, e encabamento. Posteriormente o pincel imobiliário é encaminhado via túnel para um magazine para término da cura da cola, onde fica em fluxo por aproximadamente por uma hora e vinte minutos para garantir a total secagem da cola.

Ao sair do magazine o produto caminha em fluxo contínuo para o processo de limpeza, onde uma máquina retira todo o excesso de cerdas ou filamentos do produto, garantindo que durante o uso nenhuma cerda solte e grude na parede ocasionando transtorno ao cliente.

Na sequência é encaminhado para outra esteira. Estando nela, ele é pego com uma mão robótica e é passado por um conjunto de facas para garantir que todas as cerdas e/ou filamentos tenham o mesmo tamanho, tal processo é chamado de aparelhamento.

Posteriormente, na continuação do fluxo contínuo o produto passa pela máquina de gravação para gravar o logo da empresa no cabo e já é encaminhado automaticamente para o dispositivo que insere as etiquetas no produto. Assim, o produto cai em uma caixa e aguarda o processo de inspeção.

Por fim, é realizada a revisão manual de todos os pincéis imobiliários e na sequência os produtos aprovados são encaminhados para as máquinas de embalagem, onde são embalados em múltiplos de doze, conforme determinado pelo setor comercial da empresa. Embalados, os pacotes com os múltiplos são etiquetados, encaixotados na quantidade padrão referente aquele determinado produto e movimentados ao centro de distribuição para armazenagem e posteriormente enviados aos clientes.

## 4.2 ESTUDO DE CASO

Na segunda etapa, foi realizado um conhecimento geral dos processos existente na família de produtos estudada. A fase seguinte do estudo foi a



elaboração do MFV, que possibilitou uma visão ampla do processo, como se pode observar no Apêndice A, resultando na identificação de diversas oportunidades de melhorias.

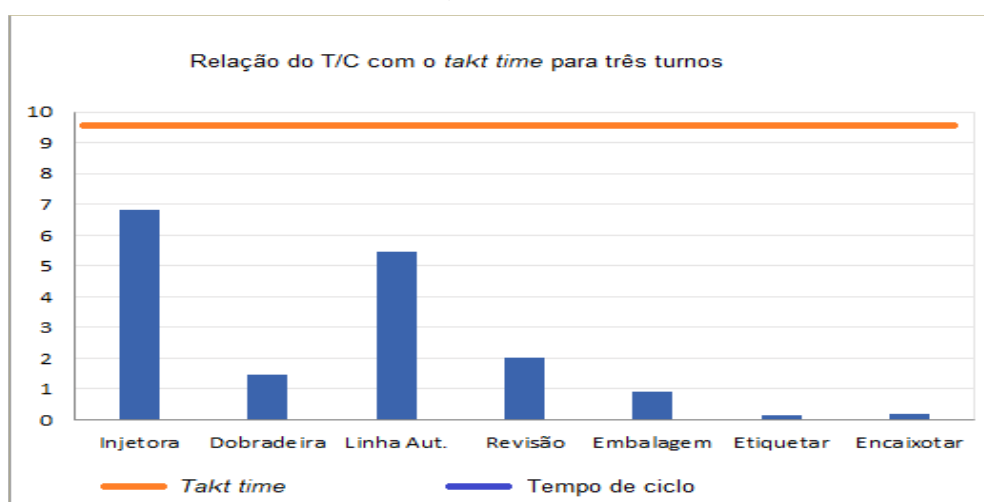
A família estudada é composta por 30 referências, sendo estas limitadas pelos tamanhos de 1 ½”, 2” e 2 ½” polegadas (comprimento da virola) e tamanhos médios ou duplos (espessura/largura das virolas e cabos). Atualmente a linha automática, que engloba desde o processo de montagem de cabeça até a etiquetagem, trabalha em 3 (três) turnos por dia - segunda a sábado.

Com a elaboração do MFV observou-se que o processo possui um *lead time* de 272 dias. Este alto valor se dá, principalmente, devido à necessidade de ter um alto volume de MP que são de fornecedores internacionais no almoxarifado, visto que, o tempo de entrega desses insumos é de aproximadamente 120 dias. Ainda assim, o estoque encontrado é o dobro do necessário, mostrando uma grande oportunidade de redução de capital de giro.

Também se notou que em todo o processo apenas 16,53 segundos realmente agregam valor. Já o *takt time* calculado foi de 9,6 segundos, ou seja, para que a empresa consiga atender sua demanda é necessário produzir uma peça a cada 9,6 segundos.

O valor do *takt time* chamou atenção, porque como se pode observar no Gráfico 1, seu intervalo de tempo é bem superior a todos os tempos de ciclos do processo, entretanto, a linha ainda tem dificuldades em atingir sua demanda mensal.

**Gráfico 1 - Tempo de ciclo em relação ao *takt time***



Fonte: Autoria própria

Tal contrariedade ocorre em virtude do baixo OEE da injetora (33%) e da linha automática (54%), que são resultados, principalmente, da baixa disponibilidade dos equipamentos. A má qualidade destas máquinas também influencia na geração de refugos e retrabalho.

Devido à baixa confiabilidade do processo, atualmente todos os pincéis imobiliários são revisados e neste processo o operador realiza algumas ações manuais para diminuir o índice de refugos, além de separar, dentre os pincéis refugados, os partes que possam ser reaproveitadas no processo (virola e cabos).

Vale ressaltar que apesar dos três últimos processos (Embalar, Etiquetar e Encaixotar) possuírem um tempo de ciclo evidentemente abaixo dos demais, eles são compartilhados com as demais linhas do setor, dessa forma, os tempos são adequados para a produção total do setor.

Nesta fase do estudo, também foi possível observar que mesmo com a utilização de *kanban*, a metalurgia ainda recebe ordens diárias de produção, visto que a demanda aumentou em torno de 40% nos últimos meses, porém os cartões não foram redimensionados.

Após a elaboração do MFV foi realizado uma análise detalhada do processo visando verificar se existiam outras oportunidades de melhorias que a princípio não foram identificadas na ferramenta. Concluída, foram listadas todas as oportunidades encontradas no estudo de caso, tanto as de aspectos ambientais como de manufatura enxuta, conforme mostra o Quadro 6.

**Quadro 6 - Listas de oportunidades de melhorias do processo**

(continua)

<b>Processos</b>	<b>Diagnóstico de Aspectos/Impactos ambientais.</b>	<b>Oportunidades de Processos (lean).</b>
Processo 1: Injeção de cabos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminação de MP;</li> <li>• Refugos de cabos;</li> <li>• Consumo extra de MP;</li> <li>• Consumo de energia extra (peças retrabalhadas).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estoques desorganizados;</li> <li>• Indicadores falhos;</li> <li>• Manutenção em estado crítico;</li> <li>• Colaboradores com dificuldades de operação.</li> </ul>
Processo 2: Metalurgia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geração de refugos metálicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tempos elevados de Setup;</li> <li>• Kanban falho;</li> <li>• Peças ruins passando pela revisão e causando problemas no processo de encabamento.</li> </ul>

Quadro 6 - Listas de oportunidades de melhorias do processo

(conclusão)

Processos	Diagnóstico de Aspectos/Impactos ambientais.	Oportunidades de Processos (lean).
Processo 3: Montagem da cabeça.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo extra de MP (Cerdas e/ou filamentos);</li> <li>• Refugo (contaminação) da MP.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tempo de Setup elevado;</li> <li>• Treinamento operacional.</li> </ul>
Processo 4: Colagem.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desperdício de cola - consumo além do definido em roteiro;</li> <li>• Refugo por vazamento de cola.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manutenção em estado crítico;</li> <li>• Trabalho sem padrão.</li> </ul>
Processo 5: Encabamento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Refugo/retrabalho devido a peças mal encabadas;</li> <li>• Consumo extra de energia (retrabalho).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manutenção em estado crítico;</li> </ul>
Processo 6: Secagem.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desperdício de energia visto que o equipamento tem um alto consumo e não gera nenhum valor ao processo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manutenção em estado crítico;</li> <li>• Equipamento que não agrega valor ao processo.</li> </ul>
Processo 7: Limpeza.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geração de refugos com alto valor agregado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipamento fora das condições básicas de operação.</li> </ul>
Processo 8: Aparelhamento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo extra de energia (retrabalho).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definição de tempo padrão para afiação de facas.</li> </ul>
Processo 9: Gravação.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo extra de energia e MP (retrabalho).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tempo de Setup elevado;</li> <li>• Operador sem treinamento eficiente.</li> </ul>
Processo 10: Etiquetagem.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Refugo de etiquetas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Processo adequado.</li> </ul>
Processo 11: Revisão.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Processo sem danos ambientais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não agrega valor ao produto.</li> </ul>

Fonte: Autoria própria

Com base nas oportunidades encontradas nos processos estudados foram listadas ferramentas *lean* que, de acordo com a pesquisa bibliográfica realizada na primeira etapa, contribuem na minimização e/ou eliminação desses problemas.

Como visto na primeira etapa, as ações de P+L podem ser aplicadas por meio de modificações em vários níveis de atuação, então nesta fase do estudo também foram relacionados, junto às ferramentas, quais os níveis hierárquicos da P+L podem ser alterados em cada processo, a fim de minimizar as oportunidades de aspectos ambientais. Tais relações encontram-se no Quadro 7.

**Quadro 7 - Contribuição de ferramentas lean relacionadas aos níveis de P+L**

<b>Processos</b>	<b>Ferramentas lean e princípios de P+L</b>	<b>Níveis Hierárquicos da P+L</b>
Processo 1: Injeção de cabos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagrama de Ishikawa;</li> <li>• 5s;</li> <li>• Implantação do TPM.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nível 2 – Reciclagem interna;</li> <li>• Nível 3 – Reciclagem externa.</li> </ul>
Processo 2: Metalurgia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagrama de Ishikawa;</li> <li>• SMED;</li> <li>• Kanban;</li> <li>• Poka Yoke.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nível 3 – Reciclagem externa.</li> </ul>
Processo 3: Montagem da cabeça.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SMED;</li> <li>• Programação de Manutenção Preventiva;</li> <li>• Treinamento operacional.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nível 2 – Reciclagem interna.</li> </ul>
Processo 4: Colagem.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Padronização de trabalho;</li> <li>• Programação de Manutenção Preventiva;</li> <li>• Diagrama de Ishikawa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nível 1 - Mudança de processo.</li> </ul>
Processo 5: Encabamento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programação de Manutenção Preventiva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nível 1 - Mudança de processo.</li> </ul>
Processo 6: Secagem.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Padronização dos processos anteriores para eliminação do equipamento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nível 1 - Modificações tecnológicas.</li> </ul>
Processo 7: Limpeza.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manutenção corretiva do equipamento e programação de preventivas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nível 1 - Modificações tecnológicas.</li> </ul>
Processo 8: Aparelhamento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programação de preventivas no equipamento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nível 1 - Modificações tecnológicas.</li> </ul>
Processo 9: Gravação.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagrama de Ishikawa;</li> <li>• SMED.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nível 1 - Boas práticas.</li> </ul>
Processo 10: Etiquetagem.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Processo lean e ambientalmente correto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Processo já adaptado.</li> </ul>
Processo 11: Revisão.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Processo que não agrega valor, deve se garantir a qualidade dos anteriores para eliminar e revisão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não aplicável.</li> </ul>
Processo 12: Embalar/ Etiquetar e Encaixotar.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projeto do novo equipamento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nível 1 - Modificações tecnológicas e substituição de MP.</li> </ul>

**Fonte: Autoria própria**

No primeiro processo a utilização do diagrama de *Ishikawa* contribuirá na identificação das causas raízes de cada oportunidade encontrada. Já a aplicação do 5S irá organizar os estoques intermediários de MP, o que eliminará a contaminação de MP e conseqüentemente o refugo de cabos contaminados (principal refugo do setor). E a implementação de conceitos do TPM irá dar conhecimento e autonomia

aos operadores, eliminando algumas falhas de processos, e dando estabilidade aos equipamentos, aumentando assim suas disponibilidades.

Dessa forma, por meio dessas melhorias de práticas operacionais todos os possíveis resíduos são minimizados, visto que, não havendo contaminação, qualquer peça com defeito é moída e reaproveitada no processo.

No processo 2, a ferramenta SMED poderá colaborar na redução do tempo de setup, o que trará altos ganhos de produtividades, visto que atualmente o setup dura cerca de três horas. A implantação do *poka yoke* nas dobradeiras evitará refugos nos processos posteriores, visto que não permitirá que virolas ruins sigam adiante, e o redimensionamento do *Kanban* permitirá um maior controle de produtos no supermercado.

Já a aplicação do diagrama de Ishikawa ajudará na identificação da causa raiz da geração de refugos e conseqüentemente na sua minimização. Neste caso, como a eliminação total não é possível, dado que as primeiras peças pós-setup sempre são eliminadas devidos aos ajustes, é necessário realizar uma reciclagem externa desses resíduos, porque diferentemente dos cabos plásticos, as folhas defeituosas não têm condições de serem reaproveitadas internamente.

Na linha automática, a implantação de conceitos do TPM contribuiria nas condições operacionais do equipamento, eliminando todos os paliativos implementados pelos colaboradores, minimizando as paradas por quebra de máquinas, dando autonomia aos operadores para fazer os ajustes/regulagens necessários.

Dessa forma se eliminaria os refugos gerados por falta de atenção e/ou conhecimento do equipamento pelo operador, e os causados pela má condição de equipamentos. Além dos refugos, com os colaboradores capacitados e com os equipamentos em boas condições haveria a minimização, ou talvez até a eliminação do retrabalho.

Novamente as ferramentas, SMED e diagrama de Ishikawa colaborariam, respectivamente, na redução do tempo na troca de ferramentas e na identificação da causa raiz dos problemas encontrados.

A elaboração de um POP (Procedimento Operacional Padrão) também contribuiria na minimização de refugos e retrabalho, visto que atualmente cada operador trabalha de uma maneira. Tal padronização permitirá a retirada do magazine, pois mesmo que cada produto tenha seu tempo de secagem, esse tempo

varia conforme regulagens de temperatura do soprador acoplado, velocidade da esteira e temperatura do túnel.

Devido a esta situação, tem dia que um determinado produto sai seco do túnel, o que eliminaria a necessidade de entrada no magazine para secar naturalmente, e outro dia o mesmo sai com a cola ainda mole. Assim, padronizando todas as regulagens da linha será possível eliminar o magazine que é o gargalo da linha.

Com a implementação das melhorias sugeridas nos equipamentos da linha automática, haverá minimizações de resíduos e emissões de nível 1, ou seja, as mudanças de processos - modificações tecnológicas e boas práticas - e nível 2, que seria a reciclagem interna de cerdas e filamentos recuperados da máquina de montar cabeças e de limpeza, uma vez que já existe um setor de beneficiamento desses insumos na empresa.

No processo de embalagem, como já sugerido anteriormente, existe a necessidade de troca dos equipamentos por outro (único) que faça a junção dos três últimos processos, o que traria ganhos de M.O, capacidade, segurança e eliminação de pequenos estoques entre os processos, além de um estudo para a substituição da MP por outra mais ecológica. Tais modificações contribuiriam com a minimização de problemas de aspectos ambientais no nível 1, dado a substituição de MP e as modificações tecnológicas.

Por fim, na última fase desta etapa do estudo, foi elaborado o MFV ideal da linha automática. Neste processo foi considerado a implementação de todas as propostas de melhorias apresentadas acima.

Vale mencionar que as ações relacionadas à PE propostas neste trabalho e algumas outras estão detalhadas em um plano de ação da empresa que foi elaborado seguindo os princípios da ferramenta 5W2H (o quê, por que, quem, onde, como, quando, quanto) e que está em fase de execução, porém tais informações não foram disponibilizadas pela empresa.

O MFV futuro, que se encontra no Apêndice B, apresenta o processo produtivo de forma mais enxuta e organizada. Isso se deve aos estoques do almoxarifado, injeção e metalurgia serem controlados por *kanbans*, e armazenarem em seus supermercados somente os produtos necessários e na quantidade requisitada, e também pela melhoria nas embalagens.

Dessa forma, haverá uma redução no capital de giro da empresa, e uma minimização do espaço físico de armazenagem, visto que, por exemplo, no almoxarifado o estoque de filamentos e cerdas passaria de 250 dias para 140 dias – 120 dias que é o tempo de resposta do fornecedor, mais 20 dias de estoque de segurança.

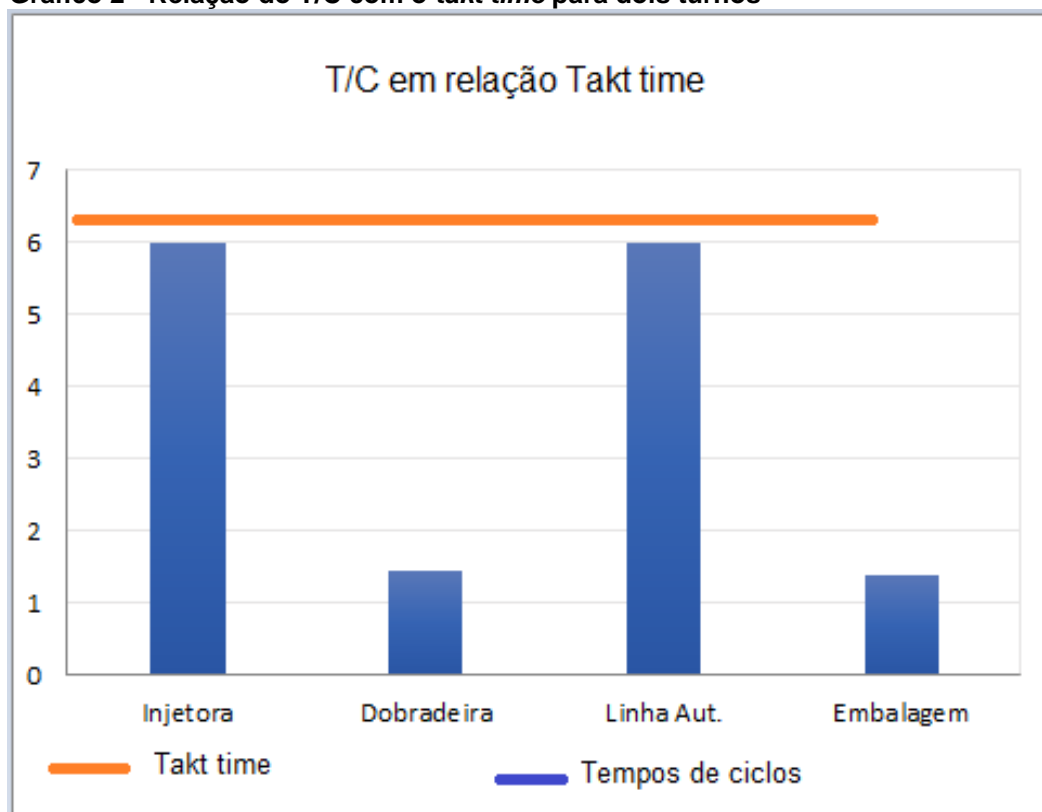
Na parte de embalagens, o novo equipamento necessitará possuir tempo de ciclo de pelo menos 1,4 segundos e um *setup* inferior a 20 minutos e um OEE de 85% para garantir a embalagem da demanda total de pincéis imobiliários em 2 turnos.

Já as reduções do tempo de *setup* das injetoras, dobradeiras e da linha automática contribuem significativamente para o aumento da produtividade e conseqüentemente na aderência do *mix* de produtos. Outro fator que influencia diretamente nesses indicadores é a melhoria das condições básicas dos equipamentos.

Com a utilização de conceitos de TPM espera-se que sejam minimizados os refugos e retrabalhos por falhas de processo e as paradas por quebras de máquinas. E mais especificamente, dos processos posteriores ao encabamento, que são processos de acabamento, serão eliminados refugos equivalente a 3% da produção.

Tais melhorias podem alavancar o OEE dos equipamentos para 85% desejados pela diretoria. Já a padronização dos procedimentos operacionais também permitirá a retirada do magazine, tal mudança irá impactar na produtividade significativamente, visto que trará um ganho de aproximadamente 700 peças por turno.

Na situação atual da empresa, matematicamente, já é possível operar a linha somente em dois turnos e atingir a demanda necessária, conforme mostrado no Gráfico 2, que representa os tempos de ciclos do processo em relação do *takt time* calculado referente a dois turnos, porém a margem para eventuais problemas é muito pequena, gerando um risco alto.

Gráfico 2 - Relação do T/C com o *takt time* para dois turnos

Fonte: Autoria própria

Isso é possível, visto que com as implementações de melhorias e uma nova análise do *takt time* observa-se que com a mesma demanda, porém com 2 turno, o *takt time* continua sendo superior aos tempos de ciclos do processo, ou seja, produzindo uma peça a cada 6,4 segundos não há necessidade de trabalhar em 3 turnos com a linha automática, ainda mais porque o aumento da produtividade e do OEE também irá aumentar esta margem dando uma maior segurança ao processo e permitindo assim a redução de um dos turnos.

De modo geral pode-se concluir que a implementação das melhorias trará inúmeros benefícios ao processo, conforme descrito acima, além de reduzir o tempo TAV em 10,3% e o lead time do processo em aproximadamente 60%.

Com a implantação das propostas de melhorias além do processo se tornar mais enxuto, também gerará ganhos ambientais evidentes. O consumo de energia da linha será reduzido em 33%, visto que será possível alcançar a demanda diária operando em dois turnos ao invés de três.

Além disso, com a minimização e/ou eliminação dos refugos gerados nos processos haverá uma redução no consumo de MP, visto que as perdas serão



corrigidas e, conseqüentemente, com a redução dos refugos haverá uma redução da geração de retrabalho (cabos) e de resíduos (folhas e cerdas).

De modo geral, conclui-se que as integrações das metodologias abordadas neste trabalho colaboram na minimização de refugos e retrabalhos, na redução do consumo de insumos, no aumento da eficiência do processo, no aumento da qualidade dos produtos e da produtividade, o que permite que a empresa seja mais competitiva e atenda as necessidades e requisitos exigidos pelo mercado.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo analisar por meio de um estudo de caso a relação entre boas práticas de PE e P+L, e quais suas contribuições econômicas e ecológicas para a empresa, além de identificar as ferramentas que na prática colaboram para a implementação dessas metodologias.

Foi possível concluir mediante a pesquisa bibliográfica e ao estudo de caso que ambas as práticas se complementam e podem ser implantadas e gerenciadas de maneira conjunta, colaborando para um maior desempenho e eficiência dos processos da empresa, ou seja, pode-se afirmar que existe uma influência positiva na combinação entre as práticas de PE e P+L nos aspectos ambientais, econômico e operacional da empresa.

Também se pode observar que apesar da empresa ter um cuidado ambientalista especial, as práticas de *lean* são mais facilmente implementadas e disseminadas. Assim, as maiorias dos ganhos ambientais nos processos em si são consequência das boas práticas da PE, como a minimização de recursos naturais, insumos, energia, água, etc.

Desse modo, se nota que a empresa possui um amplo campo de oportunidades de projetos voltados aos princípios da P+L, como o estudo para a substituição de alguns insumos utilizados no setor estudado bem como nos demais, que trariam grandes ganhos ambientais e, possivelmente, econômicos, visto os custos atuais de tratamento (interno e externo) de resíduos.

Vale mencionar que devido a problemas técnicos encontrados no sistema SAP da empresa não foi possível gerar relatórios com dados quantitativos sobre refugos, retrabalhos, furos de estoques de MP (que geralmente são ocasionados devido a desperdícios em alguma parte do processo) bem como suas causas, dados que agregaria mais valor a este trabalho.

Assim, a obtenção de tais dados e análise se tornam uma recomendação para trabalhos futuros, para assim poder mensurar os ganhos mediante as ações propostas e avaliar a viabilidade das mesmas. Além disso, outra recomendação é a melhor exploração da P+L voltada a produto, visto que neste trabalho o foco foi processos.

## REFERÊNCIAS

- BHASIN, S.; BURCHER, P. Lean viewed as a philosophy. **Jornal of Manufacturing Technology Management**, v. 17, n.1, p. 5672, 2006.
- CAPPARELLI, H. F. **Sistema de Gestão Ambiental e Produção mais Limpa**: Análise de práticas e interação dos sistemas. 2010. 239 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-25042011-093146/pt-br.php>>. Acesso em: 06 abr. 2017.
- CARRILLO, J. C. L. **Estudo de Aspectos Ambientais em Produção Enxuta**. 2012. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.
- CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS (CNTL). **Implementação de Programas de Produção mais Limpa**. Porto Alegre – RS, 42 p., 2003.
- COBRA, R. L. R. B. **Proposta de diretrizes para integração entre a Produção Enxuta e a Produção mais Limpa**. 2015. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.
- D'AQUINO, S. F.; et al. Uma análise da aplicação empírica da produção mais limpa na manufatura no Journal of Cleaner Production. **Base - Revista de Administração e Contabilidade da Unisinos**, v. 11, n. 3, p.1-13, 26 ago. 2014. UNISINOS - Universidade do Vale do Rio Dos Sinos. <http://dx.doi.org/10.4013/base.2014.113.06>.
- ELIAS, S. J. B.; MAGALHÃE, L. C. Contribuição da Produção Enxuta para obtenção da Produção mais Limpa. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 23., 2003, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: ABEPRO, 2003. p.1-8.
- ESPOSTO, K. F. **Elementos estruturais para gestão de desempenho em ambientes de produção enxuta**. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 241 p, 2008.
- FERREIRA, C. C.; et al. Consequências da implantação pontual de ferramentas Lean. **Journal Of Lean Systems**, p. 51-66. 2016.
- FLORIDA, R. Lean and Green: The move to Environmentally Conscious Manufacturing. **California Management Review**, v. 39, n. 1, p. 80-105, 1996.
- FRESNER, J. Cleaner production as a means for effective environmental management. **Journal of Cleaner Production**, v. 6, n. 3-4, p. 171-179, set. 1998.
- GLAVIC P.; LUKMAN R. Review of Sustainability Terms Definitions: **Journal of Cleaner Production**, v. 15, p. 1875-1885. 2007.

GODINHO, F. M.; FERNANDES, F. C. F. Manufatura enxuta: uma revisão que classifica e analisa os trabalhos apontando perspectivas de pesquisas futuras. **Gestão e Produção**, v. 11, n. 1, p.1-19, Jan./Apr. 2004.

GOMES, G. M. L.. **A metodologia LEAN THINKING aplicada à gestão de stocks no armazém manutenção do Hospital Santa Maria, EPE**. 2016. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Gestão, Instituto Superior de Gestão, Lisboa, 2016.

GUPTA, V.; NARAYANAMURTHY, G.; ACHARYA, P. Can lean lead to green? Assessment of radial tyre manufacturing processes using system dynamics modelling. **Computers & Operations Research**, p.1-23, abr. 2017.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cor.2017.03.015>.

HINES, P.; TAYLOR, D. **Going Lean**. Cardiff, U.K.: Lean Enterprise Research Centre, 2000.

KING, A. A.; LENOX, M. J. Lean and Green? Na empirical examination of the relationship between Lean Production and environmental performance. **Productions and Operations Management**, v. 10, n. 3, p.244-256, 2001.

KRAFCIK, J. F. Triumph of the lean production system. **Sloan Management Review**, v. 30, p. 40-52, 1998.

LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. **Léxico Lean**: Glossário ilustrado para praticantes do pensamento lean, São Paulo: Lean Institute Brasil, 97 p., 2003. Versão 1.0.

LEITE, J. P.; et al. Implantação de práticas e ferramentas lean em uma indústria de calçados de grande porte. **Veredas**: Revista Eletrônica de Ciências, v. 9, p.1-17, abr. 2016.

LEÓN, H. C. M.; CALVO-AMODIO, J. Towards lean for sustainability: Understanding the interrelationships between lean and sustainability from a systems thinking perspective. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p.4384-4402, jan. 2017.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.132>. Disponível em:  
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616319941>>. Acesso em: 18 maio 2017.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota**: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre: Bookmam, 2005.

LOCHER, D. A. **Value Stream Mapping for Lean Development: a how-to guide for streamlining time to market**. Estados Unidos: CRC Press, 2008.

MANZAN, R. **Busca da P+L por meio da Produção Enxuta**: Estudo de Casos Múltiplos em Indústrias de Fundação. 2013. 180 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em:  
<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3136/tde-23092014-101055/pt-br.php>>. Acesso em: 05 abr. 2017.

MITTAL, V. K.; et al. Adoption of Integrated Lean-Green-Agile Strategies for Modern Manufacturing Systems. **Procedia Cirp**, v. 61, p.463-468, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.189>. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221282711631349X>>. Acesso em: 19 maio 2017.

MORENGHI, L. C. R.; ANDRADE, R. F. G.; ROSANO, R. D. Produção Mais Limpa e Produção Enxuta: Haverá simbiose na busca de conformação ambiental com a flexibilização dos fatores de produção?. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13., 2006, Bauru. **Anais...** Bauru: UNESP, 2006. p.1-12

OHNO, T., **O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OLIVEIRA, J. A. **Relação entre as práticas de Produção mais Limpa e as de Produção Enxuta**: estudo de casos múltiplos e survey sobre os impactos no desempenho ambiental, econômico e operacional da empresa. 2016. 249 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

PAMPANELLI, A. B.; FOUND, P.; BERNARDES, A. M.. A Lean & Green Model for a production cell. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p.19-30, dez. 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.06.014>. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652613003958>>. Acesso em: 21 abr. 2017.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Rio Grande do Sul: Universidade Feevale, 2013.

QUEIROZ, G. A. **Recomendações para a implantação da Manufatura Enxuta considerando os propósitos da Produção mais Limpa**. 2015. 199 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18156/tde-02072015-142549/pt-br.php>>. Acesso em: 01 abr. 2017.

RIZZO, G. V.; BATOCCHIO, A. **Manufatura Sustentável: Estudo e Análise da Adopção Articulada das Técnicas de Produção Mais Limpa e Produção Enxuta**. In.: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVENCES IN CLEANER PRODUCTION, 3., 2011, São Paulo. **Anais...** São Paulo: UNIP, 2011. p.1-9.

RIZZO, G. P. V. **Produção Enxuta e Produção mais Limpa: Proposta Metodológica Integrada**. 2012. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia de Fabricação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000865784>>. Acesso em: 17 abr. 2017.

SALGADO, E. G.; et al. Análise da aplicação do mapeamento do fluxo de valor na identificação de desperdícios do processo de desenvolvimento de produtos. **Gestão e Produção**, v. 16, n. 3, p.344-356, set. 2009.

SANTOS, L. C.; et al. Identificação e avaliação de práticas de produção enxuta em empresas calçadistas do estado da Paraíba. **Produção Online**, v. 17, p.176-199, mar. 2017. Disponível em:  
<<https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/2403/1499>>. Acesso em: 08 abr. 2017.

SANTOS, R. A. **Metodologia científica**: a construção do conhecimento. 7. ed. Rio de Janeiro: DP&A, 2007.

SHAH, R.; WARD, P. Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. **Journal of Operations Management**. v. 21, p. 129-149, 2003

SHINOHARA, I. **New Production System**: JIT Crossing Industry Boundaries. Cambridge: Productivity Press. 1988.

TOMAZELA, M. **Administração Limpa e Enxuta em Sistemas Hidráulicos de Colhedoras de Cana-de-Açúcar**: Uma Proposta Metodológica. 2007. 185 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007. Disponível em:  
<<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000436869>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAME (UNEP). **Environmental Agreements and Cleaner Production**. 2006. Disponível em <  
<http://www.uneptie.org/shared/publications/pdf/DTIx0833xPA-EnvAgreementsEN.pdf>> Acesso em: 21 abril 2017.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAME (UNEP). **Sustainable Consumption and Cleaner Production**: Global Status 2002. 2002.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAME (UNEP). **Sustainable Consumption and Cleaner Production Activities in Africa**: Regional Status Report (2002-2004). 2004.

UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION (UNIDO). **Resource Efficient and Cleaner Production (RECP)**. Disponível em:  
<<http://www.unido.org/index.php?id=o5151>>. Acesso 18 de Agosto de 2010.

UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION (UNIDO); UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAME (UNEP). **Taking Stock and Moving Forward**: The UNIDO-UNEP Mational Cleaner Production Centres. Austría, 2010. Disponível em  
[https://www.unido.org/fileadmin/user\\_media/Services/Environmental\\_Management/Contacts/Contacts/Taking%20stock%20and%20moving%20forward-November2010.pdf](https://www.unido.org/fileadmin/user_media/Services/Environmental_Management/Contacts/Contacts/Taking%20stock%20and%20moving%20forward-November2010.pdf) Acesso em:25 abril 2017.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). **Na Organizational Guide Pollution Prevention**. August, 2001. Disponível em < <https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-01/documents/organizationalguide.pdf>> Acesso em: 29 abril 2017.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). **Principles Of Pollution Prevention And Cleaner Production**. Republic of China Version, November. 1998. Disponível em < <http://recp.ge/wp-content/uploads/2015/12/POLLUTION-PREVENTION-AND-CLEANER-PRODUCTION-EPA.pdf>> Acesso em: 18 abril 2017.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). **The Enviromental Professional's Fuide to Lean & Six Sigma**. August, 2009.

VAZ, C. R.; OLIVEIRA, I. L.; RESENDE, L. M. Produção Limpa x Produção Enxuta: uma revisão dessas ferramentas. In: SIMPEP, 15., 2008, Bauru. **Anais...** .Bauru: Simpep, 2008. p. 1-7.

VASCONCELOS, D. V; NETO, J. P. B; VIANA, F. L. F. Lean e Green: A Contribuição da Produção Enxuta e da Gestão Ambiental Para a Redução de Desperdícios. In. : 37° Encontro do ANPAD., 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: EnANPAD, 2013. p 1-16.

WALLACE, D. **Enviromental Policy and Industrial Inovation**: Strategies in Europe, the U.S. and Japan. Royal Institute od International Affairs, London: Earthscan Publications Ltd., 1995.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas**. 6. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas**: elimine o desperdício e crie riqueza. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

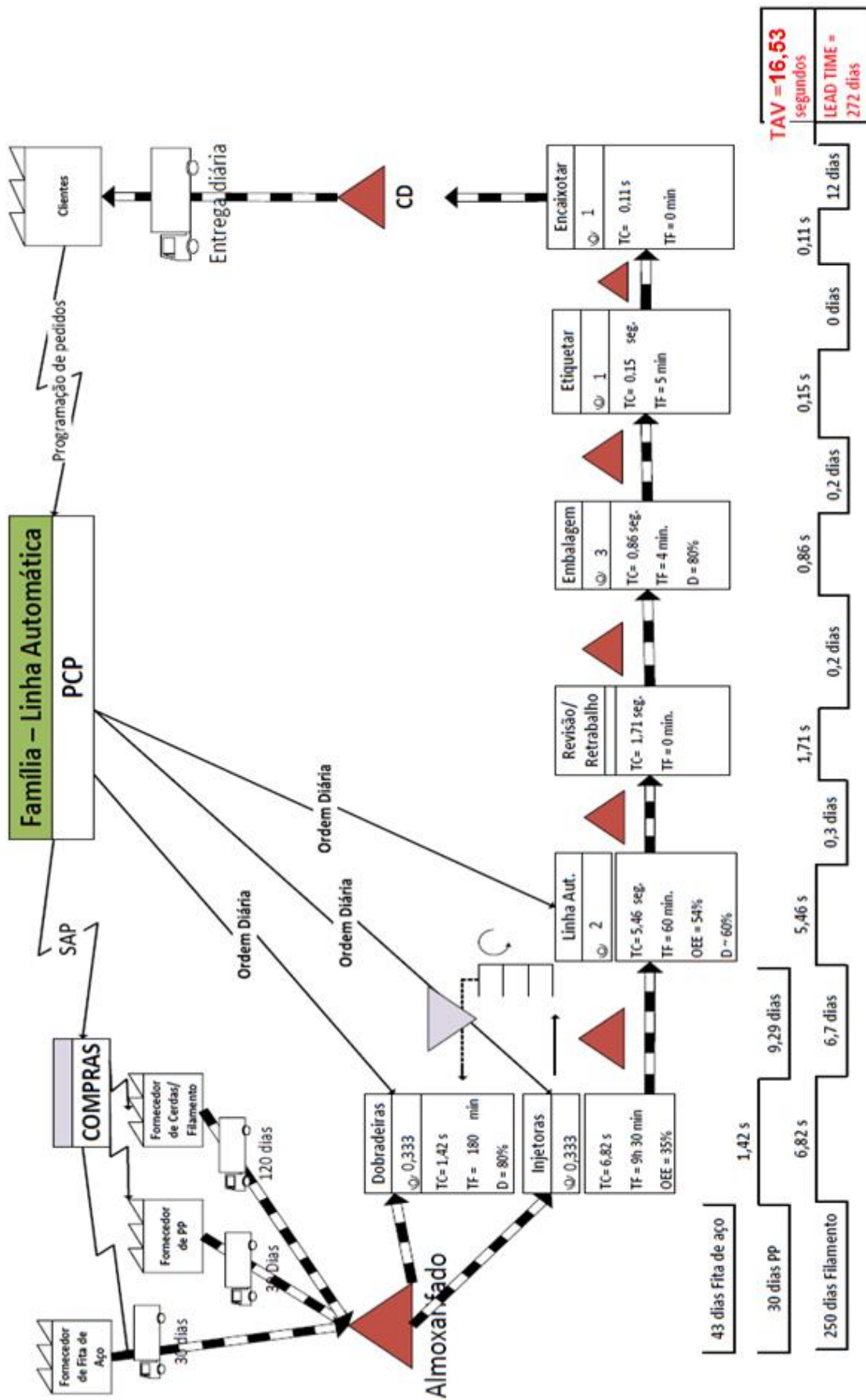
WOMACK, J.P.; JONES. D.T **Lean thinking**: Banish waste and create wealth in your corporation. New York, NY: Simon & Schuster. 1996.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROSS, D. **A Máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

**Apêndice A – MFV atual da linha automática**





## **Apêndice B – MFV futuro da linha automática**

