

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

RAFAELA TITONELI DE MIRANDA

**PRODUÇÃO MAIS LIMPA: UMA REVISÃO DO ESTUDO E APLICAÇÃO NA
INDÚSTRIA METAL MECÂNICA**

JUIZ DE FORA

2021

RAFAELA TITONELI DE MIRANDA

**PRODUÇÃO MAIS LIMPA: UMA REVISÃO DO ESTUDO E APLICAÇÃO NA
INDÚSTRIA METAL MECÂNICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Renato Pagotto

JUIZ DE FORA

2021

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Miranda, Rafaela Titoneli de.

Produção mais Limpa : uma revisão do estudo e aplicação na indústria metalmeccânica / Rafaela Titoneli de Miranda. -- 2021. 40 p. : il.

Orientador: Carlos Renato Pagotto

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, 2021.

1. Produção Mais Limpa. 2. Sustentabilidade. 3. Industria Metalmeccânica. I. Pagotto, Carlos Renato, orient. II. Título.

RAFAELA TITONELI DE MIRANDA

**PRODUÇÃO MAIS LIMPA: UMA REVISÃO DO ESTUDO E APLICAÇÃO NA
INDÚSTRIA METALMECÂNICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Engenharia da Universidade
Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial
para a obtenção do título de Engenheiro
Mecânico.

Aprovada em 19/03/2021

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Renato Pagotto

UFJF

Prof. Dra. Maria Helena Rodrigues Gomes

UFJF

Prof. Dr. Raphael Fortes Marcomini

UFJF

RESUMO

Atualmente, existe uma preocupação com o assunto sustentabilidade global. Esse conceito tem ganhado forças entre as indústrias do Brasil e mundo. Essa preocupação tem feito que as indústrias reavaliem o seu processo produtivo, inclusive no setor metalmeccânico. Muitas empresas desse setor têm aplicado a metodologia de Produção Mais Limpa, que propõe aplicação preventiva de ações com estratégia ambiental, de modo a aumentar a eficiência e reduzir os riscos à sociedade e ao meio ambiente, minimizar os desperdícios, reduzir custos em busca de ganhos de competitividade e a otimização dos processos industriais. Nesse trabalho encontra-se uma análise de estudos de casos de várias empresas do setor metalmeccânico que aplicaram a metodologia da Produção Mais Limpa, apresentando os impactos mais comum encontrados e quais as soluções utilizadas nos processos em busca da melhoria nas indústrias, da proteção ambiental e de benefícios econômicos, além disso, foi possível analisar em qual nível da metodologia mais se utiliza hoje em dia.

PALAVRA-CHAVE: Produção mais Limpa, Sustentabilidade, Indústria Metalmeccânica.

ABSTRACT

Currently, there is a concern with the issue of global sustainability. This concept has gained strength among industries in Brazil and the world. This concern has caused the industries to reevaluate their production process, including in the metal-mechanic sector. Many companies in this sector have applied the Cleaner Production methodology, which proposes preventive application of actions with an environmental strategy, in order to increase efficiency and reduce risks to society and the environment, minimize waste, reduce costs in search of gains competitiveness and the optimization of industrial processes. In this work is an analysis of case studies of several companies in the metal-mechanic sector that applied the Cleaner Production methodology, presenting the most common impacts found and which solutions are used in the processes in search of improvement in industries, environmental protection and economic benefits, in addition, it was possible to analyze at which level of the methodology most used today.

KEYWORD: Cleaner Production, Sustainability, Metal-mechanic Industry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Níveis de aplicação da Produção Mais Limpa.....	17
Figura 2 – Gráfico de aplicação da PML por nível.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de resíduos gerados pela indústria metal mecânica.....	14
Tabela 2 - Diferenças entre Fim-de-Tubo e P+L.....	16
Tabela 3 - Possíveis resultados tangíveis e intangíveis da implementação da PML.....	24
Tabela 4 - Soluções de PML implantadas na indústria metalmeccânica.....	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CNC	Controle Numérico Computadorizado
DTIE	Division of Technology, Industry and Environment
EPI	Equipamento de Proteção Individual
ONU	Organização das Nações Unidas
ONUDI	Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial
PH	Potencial Hidrogeniônico
PML	Produção mais Limpa
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
UNCHE	United Nations Conference on the Human Environment
UNEP	United Nations Environment Program

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS.....	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
3.1 INDÚSTRIA METALMECÂNICA.....	13
3.2 RESÍDUOS INDUSTRIAIS	13
3.2.1 Classificação dos Resíduos Sólidos	14
3.2.2 Resíduos em Indústrias Metal Mecânica.....	14
3.3. CONCEITO DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA	16
3.3.1 Produção Mais Limpa Versus Fim-De-Tubo	17
3.3.2 Princípios da PML.....	18
3.3.3 Níveis de Aplicação da PML	19
3.3.4 Fases Da Implementação Da PML.....	21
3.3.5 Barreiras da Implementação da PML.....	24
3.3.6 Benefícios da PML.....	25
3.3.7 Implementação da PML no Setor Metalmeccânico	26
4. DESENVOLVIMENTO	27
4.1 APLICAÇÕES DA PML NA INDÚSTRIA METAL-MECÂNICA	27
5. RESULTADOS	31
6. CONCLUSÕES.....	34
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
ANEXO A – TERMO DE AUTENTICIDADE.....	40

1. INTRODUÇÃO

O conceito de sustentabilidade surgiu na United Nations Conference on the Human Environment (UNCHE), realizada em 1972 em Estocolmo. Foi a primeira conferência sobre meio ambiente realizada pela Organização das Nações Unidas (ONU), e chamou atenção principalmente para as questões relacionadas à degradação ambiental e poluição.

A preocupação com o termo sustentabilidade ganhou lugar na agenda global, ao perceber-se que os padrões de produção e consumo atuais não poderiam permanecer da forma crescente e ilimitada em que se encontravam, considerando os recursos existentes (MACEDO, 2009).

A sustentabilidade propõe uma outra maneira de configurar a atividade humana de forma que a sociedade e a economia possam satisfazer suas necessidades e ao mesmo tempo preservar a biodiversidade, os ecossistemas naturais e qualidade de vida das pessoas. Esse termo foi implantado rapidamente no vocabulário de diversas empresas e organizações da sociedade civil.

No Brasil, o termo surgiu mais tarde, em 1992, na Conferência sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO-92 ou RIO-92), em que foi consolidado o conceito de desenvolvimento sustentável, o qual passou a ser entendido como o desenvolvimento a longo prazo, de forma que não sejam exauridos os recursos naturais pela humanidade.

Os conceitos de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável têm ganhado força nas últimas décadas, devido também à tomada de consciência de diferentes sociedades em relação às crises ambientais em escala global e local (VAN BELLEN, 2005). Pois, está em jogo a continuidade da sociedade humana, suas atividades econômicas, seus aspectos culturais e sociais e, é claro, ambientais. Além disso, trata-se de uma ideia mundialmente popular, uma vez que propõe um mundo melhor com redução de prejuízos ao meio ambiente, objetivo este que é socialmente desejável (BARBIERI; CAJAZEIRA, 2009).

Entretanto, a transição para o novo modelo sustentável não acontecerá abruptamente, a adaptação gradual já está em andamento. A preocupação de muitas organizações tem feito com que elas reavaliem o processo produtivo, buscando a práticas socialmente responsáveis e ambientalmente corretas visando melhoria da qualidade ambiental, além de reduzir custos e atender às novas expectativas do consumidor.

Surgiu então a Produção Mais Limpa, cuja metodologia propõe aplicação continuada de uma estratégia ambiental preventiva e integrada aos processos e produtos, a fim de aumentar

a eficiência e reduzir os riscos a sociedade e ao meio ambiente, além de minimizar os desperdícios, reduzir custos, e alavancar o potencial inovador da organização, visando ganhos de competitividade e a otimização dos processos industriais (WERNER; BACARJI; HALL, [20-]).

2. OBJETIVOS

Esse trabalho tem como objetivo apresentar os conceitos, e procedimentos necessários para aplicação da Produção Mais Limpa (PML); especificamente, o que as indústrias metalmeccânica têm realizado para modificar seus processos e se adequarem ambientalmente.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 INDÚSTRIA METALMECÂNICA

O setor metal mecânico abrange tanto as indústrias que se dedicam a produção e as transformações de metais, o que inclui tanto as empresas de bens e serviços intermediários como, por exemplo, fundições, forjarias, corte, soldagem, etc., quanto os estabelecimentos destinados aos produtos finais como, bens de consumo, equipamentos, maquinaria, veículos e material de transporte (MACEDO; CAMPOS, 2001).

Neste trabalho, estamos interessados na aplicação da PML nas empresas de bens e serviços intermediários, que tratam de produção e processamento, utilizando-se de metais e seus derivados. Em particular, esse complexo é constituído por um conjunto de atividades que utilizam o ferro, o alumínio e outros metais, utilizando-se dos processos de fabricação para chegar no produto final.

3.2 RESÍDUOS INDUSTRIAIS

Resíduos industriais é toda “sobra” da produção industrial que não pode ser descartada sem controle e existe um método específico para sua eliminação. Muitos desses resíduos podem ser perigosos, trazendo consequências negativas para o meio ambiente e saúde pública.

Estes resíduos industriais correspondem em aproximadamente 70% do total de resíduos gerados nas regiões mais industrializadas e povoadas no território brasileiro e a destinação destes é sempre de responsabilidade da indústria que gerou, e quando esta empresa geradora contrata uma terceira para disponibilização em aterro controlado, esta empresa torna-se corresponsável pelo refugo (ABNT, 2004).

3.2.1 Classificação dos Resíduos Sólidos

De acordo com a lei 12.305/2010 da Política Nacional de Resíduos Sólidos, esse grupo de resíduos é caracterizado por materiais provenientes do uso humano descartados que apresentam características sólidas, semi sólidas, gasosas e líquidas - nesse caso, para estarem configurados nesse grupo, esses resíduos devem possuir características que os inviabilizam de ser descartados em corpos d'água ou na rede pública de esgoto.

Para classificar os resíduos sólidos, adota-se a NBR 10.004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas, que divide os resíduos da seguinte forma: classe I (perigosos), classe IIA (não inertes) e classe II B (inertes).

- Classe I (Perigosos): são resíduos possuem características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade;
- Classe IIA (não inertes): são resíduos que não possuem aspectos de periculosidade, mas podem apresentar características de combustão, biodegradabilidade e solubilidade em água;
- Classe IIB (inertes): são resíduos que não se enquadram em nenhuma das classes anteriores, não apresentam nenhum constituinte solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água.

Como exemplo de resíduos temos lodos sólidos, cinzas, óleos, resíduos alcalinos ou ácidos, plásticos, papel, madeira, fibras, borracha, metal, escórias, vidros e cerâmicas.

Os resíduos são classificados em função das suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas e com base na identificação de contaminantes presentes em sua massa (ROCCA, 1993).

3.2.2 Resíduos em Indústrias Metal Mecânica

Na indústria metalmeccânica, os resíduos gerados são, em sua maioria, perigosos e provenientes de seus processos de fabricação (usinagem, lavagem de chapas, torno e pinturas) e dos produtos utilizados como óleos, óxidos e tintas. Esses são fornecidos às empresas em

vasilhames ou caixas, que após cumprirem seu papel no acondicionamento, também constituem uma quantidade considerável de resíduos (papelão, papel, plásticos, pallets de madeira).

Muitos resíduos, como os gerados pelo setor metalmeccânico, requerem atenção especial, tratamento e disposição final, devido a presença de metais pesados como Zn, Cd, Hg, Cr e Cu e também altos teores de S (El Fadel et al, 2000).

Além disso, desses processos, resultam também efluentes líquidos, constituídos pelos produtos químicos envolvidos nas etapas de transformação do metal.

A tabela abaixo apresenta alguns dos principais resíduos gerados por indústrias metalmeccânica.

Tabela 1 – Tipos de resíduos gerados pela indústria metalmeccânica

Tipo de Resíduo	Classe
Resíduos corrosivos (rejeitos do digestor)	I
Lodos Perigosos de ETE	I
Resíduos perigosos de varrição	I
Óleos usados	I
Materiais contaminados com óleo	I
Resíduos têxteis contaminados (buchas, panos)	I
Borras de retífica	I
Solventes contaminados	I
Resíduos de catalisadores	I
Resíduos de tintas pigmentos e corantes	I
Sucatas de metais ferrosos	I
Tambores metálicos	II-A
Sucatas de metais não ferrosos	II-A
Resíduos de papel e papelão	II-A
Bombonas plásticas	II-A
Resíduos de borracha	II-A
Escórias de fundição	II-A
Resíduos de materiais não metálicos	II-A
Resíduos de vidro	II-B
Resíduos de materiais cerâmicos	II-B

Fonte: Barbacovi (2013)

3.3. CONCEITO DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA

O conceito de “Produção Mais Limpa” surgiu em 1989, foi lançado pela United Nations Environment Program (UNEP) e pela Division of Technology, Industry and Environment (DTIE) através do programa Cleaner Production. Tendo consciência da necessidade da busca de soluções definitivas para o problema da poluição ambiental, esse programa teve a finalidade voltada para as atividades de prevenção da poluição (CNTL, 2003).

No Brasil, esse conceito surgiu após a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Rio 92. Sua introdução contou com o apoio financeiro do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e das Organizações das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (ONUDI), no qual fazia parte do programa de implementação dos dez primeiros centros distribuídos por vários países em desenvolvimento e foi iniciado por meio do Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL, 2003), no estado do Rio Grande do Sul, em 1995 (FERNANDES et al., 2015)

De acordo com Fernandes (2001), a Produção Mais Limpa é a aplicação contínua de uma estratégia econômica, ambiental, e tecnológica integrada aos processos e produtos, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, através da não-geração, minimização ou reciclagem de resíduos gerados em um processo produtivo. A PML também pode ser chamada de Prevenção da Poluição, já que as técnicas utilizadas são basicamente as mesmas.

Para tal, aplica-se uma abordagem preventiva nos processos produtivos, de forma a reduzir os impactos negativos do ciclo, desde a extração da matéria-prima até a disposição final, usando com eficiência os recursos e energias renováveis, com a finalidade de minimizar os impactos sobre o meio ambiente e atender de maneira sustentável as necessidades da sociedade.

O aspecto mais importante da PML é que a mesma requer não somente a melhoria tecnológica, como também a aplicação de know-how e a mudança de atitudes. Esses três fatores reunidos é que fazem o diferencial em relação às outras técnicas ligadas aos processos de produção. (WERNER; BACARJI; HALL, [20-])

Essa metodologia adota procedimentos quanto aos processos de produção, quanto aos produtos e quanto aos serviços. O primeiro se refere à conservação da matéria-prima e energia, eliminando aquelas que são prejudiciais ao meio ambiente e diminuindo a emissão de resíduos. O segundo se refere à redução de impactos negativos ao longo do ciclo de vida do produto,

desde a extração da matéria-prima até o design do produto. O terceiro se refere à incorporação das preocupações ambientais no projeto, design e fornecimento de serviços.

3.3.1 Produção Mais Limpa Versus Fim-De-Tubo

Os programas de gestão ambiental e tecnologias mais tradicionais focam no tratamento dos resíduos e emissões gerados no processo produtivo. Essa técnica é conhecida como produção-fim-de-tubo.

As técnicas de “fim-de-tubo” são ações que apenas ajudam a diminuir o impacto ambiental de determinados resíduos, ao dar-lhes tratamento. Portanto, o fim-de-tubo só é válido para tratar aqueles resíduos que não puderam ser evitados no processo, sendo considerado uma alternativa de remediação. (CNTL, 2003)

As políticas de controle da poluição evoluíram dos métodos conhecidos como de “fim-de-tubo” para as tendências mais recentes, baseadas no princípio de prevenção, que modificou a abordagem convencional de “O que fazer com os resíduos?” para “O que fazer para não gerar resíduos?” (PEDROZA, 2010) A Fim-de-tubo é diferente da apresentada pela Produção Mais Limpa. Enquanto a primeira prioriza solucionar diretamente o problema, a segunda busca estudar as causas da geração de resíduos e entendê-las.

A PML é vista entre os especialistas como uma forma moderna de tratar as questões de meio ambiente nos processos industriais. Dessa forma, evita-se o desperdício, tornando o processo mais eficiente. (HENRIQUES e QUELHAS, 2007).

Tabela 2 - Diferenças entre Fim-de-Tubo e PML

Tecnologia Fim-de-Tubo	Produção Mais Limpa
Investe em como tratar os resíduos e as emissões existentes	Busca entender e tratar a causa dos resíduos e emissões
Pretende reação	Pretende ação
Os resíduos, efluentes e as emissões são controlados a partir de equipamentos de tratamento	Prevenção da geração de resíduos, efluentes e emissões na fonte
Proteção ambiental é para especialistas competentes	Proteção ambiental é para todos
A proteção ambiental atua após a finalização do processo e produto	Proteção ambiental atua como parte do processo e do produto
Não existe preocupação com uso eficiente de insumos	Uso eficiente de insumos
Aumenta os custos	Reduz os custos

Fonte: CNTL, 2007

3.3.2 Princípios da PML

A PML, de acordo com Araújo (2002) e Lerípio (2001), possui alguns princípios básicos que a norteiam. São eles:

- a) princípio da prevenção que consiste em prevenir a geração de resíduos na fonte, em vez de atuar somente com o controle de poluição.
- b) princípio da precaução, no qual se preocupa que a produção industrial tenha impactos sociais. Esse princípio tem como objetivo evitar doenças graves para os trabalhadores e danos insanáveis para o meio ambiente.
- c) princípio da integração, em que se estabelece uma visão total do sistema de produção de bens e serviços com o uso de ferramentas como a Avaliação do Ciclo-de-Vida do produto (ACV).
- d) princípio do controle democrático, que admite que todas as partes interessadas tenham acesso a informações sobre questões de segurança, processos e produtos, emissões e registros de poluentes, planos de redução de produtos tóxicos e seus componentes.

3.3.3 Níveis de Aplicação da PML

De acordo com CNTL (2003), a priorização das oportunidades da implementação da Produção Mais Limpa está fundamentada em uma escala, ou seja, está dividida em níveis de aplicação (vide figura 1).

Figura 1 - Níveis de aplicação da produção mais limpa



Fonte: CNTL/SENAI-RS

O CNTL (2003) estabelece que, a aplicação deve evoluir do nível 1 para os demais níveis 2 e 3 respectivamente. Deve-se primeiro priorizar as medidas que busquem eliminar ou minimizar resíduos, efluentes e emissões no processo produtivo onde são gerados.

De acordo com a figura 1, pode-se notar que a abordagem da PML se dá de duas formas: minimização de resíduos e emissões (redução na fonte) e reuso de resíduos, efluentes e emissões (reciclagem interna e externa).

No nível 1, em que se sugere redução nas fontes, temos duas alternativas: a modificação no produto e no processo. A primeira, é uma abordagem geralmente de difícil

implementação, porque não envolve somente a indústria em si, como também a aceitação dos consumidores. Quanto às modificações nos produtos, podem ser propostos:

- Modificação do design do produto (como alteração de dimensões do produto para um melhor aproveitamento da matéria-prima);
- Aumento da longevidade;
- Substituição de matérias-primas (ou uso de matérias-primas recicláveis e reciclados);
- Redução do número de componentes;
- A substituição do produto (envolve cancelamento de uma linha produtiva em que o produto apresenta problemas ambientais significativos).

A segunda, é uma das medidas mais encontradas no Programa PML, entende-se todo o sistema de produção dentro da empresa. Quanto às modificações no processo, podem ser propostos:

- Boas práticas operacionais (utilização cuidadosa de insumos, equipamentos, melhoria da organização interna), são consideradas de baixo custo por ser medida de procedimento, técnicas e administrativas;
- Substituição de materiais auxiliares, são os materiais tóxicos, que podem afetar a saúde e segurança do trabalhador, que podem gerar resíduos e emissões perigosos;
- Modificação tecnológica, que podem ser simples ou complexas, mas que são orientadas por equipamentos para reduzir resíduos, efluentes e emissões.

No nível 2, considerando que as opções de redução da fonte foram esgotadas e que os resíduos produzidos não podem ser evitados, deve-se buscar alternativas para a reciclagem interna (fazer com o que o resíduo seja reaproveitado ou retorne na cadeia produtiva). Algumas opções são:

- Utilização de matérias-primas ou produtos para o mesmo propósito;
- Utilização de matérias-primas para um propósito diferente;
- Utilização adicional de um material para um propósito inferior ao seu uso original.

Esgotadas as alternativas, temos o nível 3, em que se encontram duas propostas: reciclagem externa e ciclos biogênicos. A reciclagem externa pode ser útil, o resíduo pode não ter valor para a própria empresa, porém pode ser útil para uma nova, e ser reorientado para o uso em diferentes processos. Dependendo do resíduo, este também pode ser reintegrado ao ciclo biogênico, como por exemplo por meio da compostagem.

3.3.4 Fases Da Implementação Da PML

Existem dois grupos que buscam a implementação da PML. O primeiro abrange as empresas que estão interessadas em manter a área de trabalho limpa, organizada e ambientalmente correta. O segundo abrange as empresas que almejam apresentar uma maior vantagem competitiva, através da redução de custos operacionais, redução dos desperdícios e redução de impostos (WERNER; BACARJI; HALL, [20-]).

Algumas razões que levam à implantação do programa são a redução dos custos de produção, cuidados com a saúde e meio ambiente, eficiência do processo, melhoria na qualidade do produto, aumento da competitividade, entre outros.

A implementação dessa metodologia é realizada dentro de diversas etapas e atividades que abrange desde o diagnóstico inicial até o relatório final. Nesse tópico, busca-se apresentar as ações necessárias para a aplicação de tal metodologia. De acordo com a CNTL (2003) e Werner, são elas:

- a) Pré Sensibilização - Nessa fase é interessante realizar uma visita técnica, expor os casos bem sucedidos, ressaltar os benefícios da PML, salientar a importância da prevenção antes às ações fim-de-tubo e as pressões do órgão ambiental diante do cumprimento dos padrões ambientais. É enfatizado a necessidade de comprometimento gerencial da empresa, ao contrário, não é possível desenvolver o Programa de Produção mais limpa.
- b) Planejamento e Organização - Essa etapa consiste em:
 - Identificar barreiras à implementação (falta de informação, barreiras organizacionais, econômicas e técnicas) e buscar as soluções para que o Programa tenha bom andamento;
 - Realizar avaliação das atividades executadas pela empresa, como objetivo de identificar as possibilidades de implementação e o tempo dedicado ao Programa;
 - Estabelecer a amplitude na empresa definindo qual a abrangência dentro da empresa (ex: um setor crítico, ou toda a planta industrial);
 - Definir a estratégia a ser adotada para execução do trabalho, ou seja, tempo de aplicação, horários de capacitação e sensibilização dos funcionários;
 - Enfocar as metas de PML, de preferência metas quantitativas para posterior avaliação do sucesso do programa.

c) Formação do ECOTIME - o grupo de trabalho formado pelos funcionários da empresa que irão conduzir o programa de PML. Suas funções são realizar o diagnóstico, identificar oportunidades, monitorar, implantar medidas de PML e dar continuidade ao programa. É importante que seja formado um Ecotime equilibrado que tenha conhecimento sobre todos os setores da empresa e seus processos de produção.

d) Elaboração do Fluxograma de Processo - consiste em desenvolver um fluxograma envolvendo toda instalação e mostrando os passos que as matérias-primas passam para formar o produto. O desenvolvimento de fluxogramas fornece informações sobre os locais das saídas de poluentes de cada atividade ou processo.

e) Avaliação das Entradas e Saídas - consiste em avaliar se as entradas resultam em uma quantidade razoável de saídas. Nessa etapa, faz-se algumas avaliações:

- Uma estimativa bruta das quantidades de matérias-primas, auxiliares, produtos, subprodutos, energia, resíduos e emissões são consumidos e produzidos por cada processo;

- Considera-se os principais equipamentos utilizados no processo, as fontes de abastecimento e finalidades do uso de água, o consumo de energia, o consumo de combustíveis, os locais de armazenamento e formas de acondicionamento de matérias-primas, insumos e produtos;

- Os resíduos sólidos gerados (acondicionamentos e destinação final), existência de emissões atmosféricas (sistemas de controle utilizado), a existência de efluentes líquidos (sistema de tratamento utilizado);

- Os custos relacionados ao controle de resíduos.

f) Determinar os focos da Avaliação de PML - a princípio todos os processos podem ser focos de PML, porém por razões de recursos financeiros e humanos disponíveis, deve ser feita uma seleção de processos. Devem ser aplicadas algumas considerações, por exemplo, se gera uma enorme quantidade de emissões e resíduos, se gera grande perda econômica, tem muitas oportunidades de PML, entre outras.

g) Balanço de Material, Ambiental, Econômico e Tecnológico - esse balanço deve ser alimentado com base nos dados obtidos nas etapas anteriores que dizem respeito ao fluxograma e entradas e saídas do processo. O balanço de material deve trazer a compreensão dos custos associados às entradas e saídas, o balanço

ambiental deve responder a questionamentos referentes à causa dos resíduos e emissões e procura identificar os seus pontos críticos. O balanço econômico deve conter custos referentes aos controles de resíduos, aos tratamentos de efluentes e emissões atmosféricas, além de custos com transporte, acondicionamento e disposição final dos resíduos gerados. O balanço Tecnológico deve verificar o nível de tecnologia utilizada pela empresa.

h) Gerar Oportunidades de PML - uma vez conhecida das fontes e causas dos resíduos e emissões, as informações apuradas devem permitir a identificação de oportunidades para aplicar a metodologia para a solução de problemas diagnosticados. Valle (1995) afirma que deve ser dada especial atenção aos pontos críticos dos sistemas que geram maior quantidade de resíduos e ao controle dos processos produtivos que apresentam desvios em sua eficiência, gerando mais resíduos do que originalmente estimado.

i) Selecionar e Priorizar Oportunidades - após ter sido gerado um número satisfatório de oportunidades, elas devem ser separadas e as mais promissoras devem ser submetidas a um estudo de viabilidade. A priorização deve ser fundamentada na escala de prioridades, ou seja, os níveis de aplicação da Produção Mais Limpa, conforme o tópico 3.1.3. É importante salientar que essa priorização deve ser feita com a alta gerência, pois eles determinam o planejamento estratégico da empresa, assim como sua disponibilidade financeira e tecnológica para mudanças nos processos produtivos e/ou produtos (ARAÚJO, 2002).

j) Estudo de Viabilidade Econômica, Técnica e Ambiental da Prioridades - Nessa fase deve-se analisar a viabilidade das opções selecionadas na etapa anterior. É necessário considerar o impacto da medida sobre o processo, realizar testes de laboratório ou ensaios, realizar treinamento adicional dos técnicos, verificar a quantidade e qualidade de resíduos, efluentes e emissões que será reduzida, e considerar os investimentos necessários, os custos operacionais e a economia da empresa com a redução e eliminação de multas. Desta forma, deve-se obrigatoriamente comparar as alternativas de Produção Mais Limpa, a fim de identificar qual a opção mais viável do ponto de vista econômico.

k) Estabelecimento de Plano de Monitoramento - essa etapa consiste em estabelecer os pontos de medição para analisar a eficiência do processo produtivo. Deve-se indicar no fluxograma os pontos de monitoramento e os parâmetros a serem monitorados. Esse monitoramento pode envolver uma simples medição de

efluentes, ou um programa completo para realização de um balanço. Pode-se utilizar ferramentas como 5W1H, checklist de etapas a serem cumpridas, entre outras.

l) Implantação das Oportunidades de PML - Nessa fase, após análise das oportunidades, as opções devem ser colocadas em prática. Durante essa fase, a empresa colherá os frutos do trabalho feito durante toda a avaliação. Deve-se desenvolver um plano de implementação, obter recursos financeiros, estabelecer um cronograma para implementação e assegurar o prosseguimento. É importante trabalhar de perto com a equipe do projeto, executar serviços de suporte, prever mecanismos de realimentação para atualização de dados, correção de erros e falhas e acompanhar e avaliar novas tecnologias de prevenção de resíduos.

m) Continuidade da PML - A empresa deve sustentar as atividades de PML na empresa, sempre procurando modos de melhorar seu desempenho ambiental. Deve-se nessa etapa escrever um plano de ação planejadas para um futuro próximo e também a longo prazo, se possível detalhar responsáveis e recursos necessários. Também é necessário estabelecer um cronograma para a PML ser revisada e avaliada.

n) Documentação dos Casos de PML - As mudanças feitas pelo Programa devem ser documentadas a fim de que a alta direção tenha relatórios eficientes, demonstrando as opções propostas pela PML e opções a serem implementadas. Essa documentação também servirá de exemplo para futuras aplicações da metodologia na empresa.

3.3.5 Barreiras da Implementação da PML

Existem vários obstáculos a serem superados para a implantação da metodologia PML.

Segundo Chaves (2005), os obstáculos estão mais relacionados com a ausência de treinamento aos empregados, clima motivacional desfavorável, deficiências na qualidade de vida no trabalho e dificuldades com novas tecnologias.

Segundo CNTL (2003), os obstáculos são: indiferença, falta de percepção do potencial papel positivo na solução de problemas ambientais, interpretação limitada ou incorreta do conceito de PML, resistência à mudança, falta de liderança interna para questões ambientais,

falta de incentivos para participação no programa, experiência limitada com o envolvimento dos empregados em projetos da empresa, acesso limitado à informação técnica, entre outros.

De acordo com Figueiredo (2004), ela afirma que uma parte significativa das principais barreiras está relacionada com o comportamento e educação das pessoas envolvidas na organização.

E pela visão de Rossi e Barata (2009), os obstáculos são relacionados com carência de regulação ambiental, falta de incentivo econômico e inadequada auto regulação industrial, falta de demanda por ecoeficiência, pequena conscientização pública, elevado custo de capital inicial, fraco desempenho financeiro, limitada capacitação e especialização, acesso a apoio técnico externo, infraestrutura adicional e treinamento técnico no local de trabalho.

Podemos perceber que dentre de todas as barreiras citadas, a que mais se destaca é a falta de capacitação e treinamento adequado. É evidente a necessidade da empresa de educar, treinar seus funcionários para afirmar a cultura da empresa e facilitar qualquer implementação ou mudança.

3.3.6 Benefícios da PML

De acordo com a CNTL (2003), a implementação do Programa de Produção mais Limpa traz inúmeros benefícios às empresas. O programa possibilita a empresa a ter melhor monitoramento e conhecimento do seu processo produtivo e identificar suas necessidades, também aumenta a conscientização dos funcionários e obtém redução de gastos com multas e penalidades.

A PML também possibilita a eliminação de desperdícios, diminui uso de matérias-primas e insumos, reduz emissões e o custo no tratamento destes. Agrega também à imagem da empresa, pois ela pode passar a utilizar o marketing ambiental para consolidar uma imagem positiva no mercado, além de vender um produto final ambientalmente adequado.

A tabela abaixo apresenta alguns resultados (tangíveis e intangíveis) da PML.

Tabela 3 - Possíveis resultados tangíveis e intangíveis da implementação da PML

Resultados Tangíveis	Resultados Intangíveis
Criação de novos processos tecnológicos	Desenvolvimento econômico sustentável
Incentivos comerciais (concessão de financiamentos, obtenção de seguros, melhores taxas)	Ganhos na qualidade do produto
Tornar-se competitiva através da melhoria da eficiência obtendo menores custos	Elevação da imagem pública da empresa
Diminuição de gastos com matéria prima, insumos e energia	Aumento da eficiência ecológica
Melhorias econômicas de curto prazo	Melhoria das condições de trabalho
Novas oportunidades de negócios	Incremento na motivação dos funcionários
Redução dos riscos no âmbito ambiental	Diversidade de benefícios tanto para empresas como para a sociedade
Minimização dos encargos ambientais oriundos da atividade industrial	Introdução de processos de inovação dentro da empresa

Fonte: Lemos (1999)

3.3.7 Implementação da PML no Setor Metalmeccânico

O principal fator para a decisão da implantação da PML em indústrias do setor metalmeccânico está na identificação e superação das barreiras de forma economicamente viável (SHI et al., 2008)

De acordo com Almeida et al., (2015), implantar a PML no setor metalmeccânico proporciona melhorias no seu desempenho ambiental e na qualidade de seus produtos com redução de custos, tornando-as mais competitivas. Também podem ser obtidos resultados econômicos com a PML de duas formas: quando não há investimentos iniciais utilização uma redução de custos pela adoção de ações e quando há adoção em novas tecnologias no processo de fabricação, resultando na redução dos custos, o que possibilita a recuperação dos investimentos (CNTL, 2003).

Porém, metalmeccânicas ignoram os fatores ambientais pela necessidade de produção em curto prazo, direcionando sua atenção conforme Oliveira e Alves (2007), aos processos produtivos em razão da pouca disponibilidade de recursos e segundo Silva et al., (2015) pela necessidade de produção em curto prazo.

Entende-se que os empresários somente se engajam em projetos ambientais se tais projetos proporcionam retorno econômico (LEITE; NETO, 2018).

4. DESENVOLVIMENTO

Neste tópico apresentaremos a estruturação da PML no setor metalmeccânico e aplicações da metodologia com base em estudos de casos anteriores.

4.1 APLICAÇÕES DA PML NA INDÚSTRIA METAL-MECÂNICA

a) Simião (2011) no seu estudo de caso, analisou o processo de usinagem de aço em torno CNC. No processo, como entrada, a autora citou fluido de corte a base de óleo vegetal diluído em água (concentração de 8%), óleo hidráulico e óleo lubrificante. As saídas identificadas no processo foram: cavaco com fluido, ponta de barra e refugo, ferramenta usada, fluido de corte esgotado, óleo hidráulico e lubrificante usado e panos contaminados com óleo.

Como solução, para economia do fluido de corte, a autora sugeriu realizar a manutenção periódica com adição de aditivos que removem contaminantes e ajuste da concentração possibilitando sua reutilização; para fluido perdido pelo arraste com o cavaco, foi sugerido processos que facilitam a separação do fluido (decantação, filtro de gravidade, filtro à vácuo, separadores de ciclone, centrífugas, separadores por flotação e magnéticos); em relação à economia, como forma de mudança de tecnologia, a autora sugeriu a técnica de mínima quantidade de lubrificante (MQL). Para os cavacos, a autora sugeriu a venda de cavacos para que a empresa possa lucrar em cima dessa perda de material.

b) Santini, Neto e Tucci (2015) no estudo de caso em uma indústria de siderurgia, analisaram o processo de corte em CNC e implantaram a PML. Como entrada, a empresa recebia todo o material sem tratamento, sendo este ferro e aço em formato de placas e como saída, além do produto final, restavam sucatas.

Como solução, utilizaram o nível 2 da produção mais limpa, reciclagem e reutilização - a sucata passou a ser transformada em tijolinhos usados como peso de academia; e o que não era reaproveitado passou a ser vendido para empresas de reciclagem - nível 3 do processo de produção mais limpa, reciclagem externa. Como resultado tiveram um lucro maior com a venda do produto transformado em tijolinhos e a venda de sucata.

c) Tagliari (2012) realizou seu estudo em uma indústria metalmeccânica, a mesma fabrica caçambas. Os processos de fabricação realizados nesta empresa são: estamparia, pintura, soldagem, montagem e jato de granalha. Em cada processo o autor identifica impactos a serem solucionados com aplicação da PML.

Na estamparia, foram identificados resíduos de aço, panos e estopas com óleo, limalha de ferro, lixas usadas e ruídos. Na pintura foram identificados efluentes líquidos e resíduos sólidos, lixas e panos, embalagens de tintas, fumo metálico, tinta e solvente e fundo anticorrosivo. Na soldagem, identificou-se fumo metálico, resíduos de eletrodo e embalagens. Na etapa de montagem, foi identificado resíduos de óleo hidráulico e embalagem plástica. Por último, na etapa de jato de granalha foi identificado fumo de granalha de aço e granalhas.

Como forma de solução, primeiramente o autor sugeriu um plano de processo de corte na chapa para minimizar os resíduos de metal. Para substituir os panos e estopas, o autor sugeriu uso de toalhas industriais em que podem ser reutilizadas e lavadas. Para os resíduos de lixa, foi sugerido seu descarte correto após utilização, armazenando corretamente em bombonas de plástico.

Na etapa de pintura, para os efluentes líquidos, o autor sugeriu a instalação de decantador para separar o efluente líquido do resíduo sólido e da cortina d'água e posterior tratamento do efluente e descarte correto do resíduo sólido; para os resíduos de tinta e solvente o autor sugeriu o armazenamento em bombonas de plástico para serem descartados corretamente; para as embalagens de tinta a solução seria enviar para empresa terceirizada responsável pelos descartes desse tipo de produto.

Na etapa de soldagem, como solução dos resíduos de eletrodo, o autor sugeriu a substituição do rolo por barricas devido a maior capacidade produtiva e menor custo e destinação correta da embalagem (enviada de volta para o fabricante para seu reaproveitamento); para o fumo metálico foi sugerido o equipamento de soldagem por arco submerso e instalação de sugadores artificiais com filtros.

Na etapa de montagem, para resíduos de óleo hidráulico foi sugerido utilização de atenuadores de óleo para a limpeza e rampa decantadora em que o óleo é armazenado corretamente. Na etapa de jato de granalha, foi sugerido uma cabine de captação de fumos de granalha, que pode ser vendido posteriormente para fabricação de outro produto.

d) Borges (2005) realizou o estudo em uma empresa metalmeccânica do ramo automotivo, e no processo de usinagem dessa empresa, identificou como problemas o grande consumo de óleo e água e o descarte de emulsão. Como forma de melhoria, aplicando a PML, e evitar o descarte incorreto de emulsões que ainda poderiam ser utilizadas, sugeriu

implementação de processos como medir o PH e a concentração da emulsão e adequá-las, fazer o manejo da emulsão em máquinas que forem ficar inativas para reutilização.

e) Tucci et al., (2019) analisou em uma empresa metalmeccânico fabricante de equipamentos de grande porte e constatou como forma de melhoria e implementação da PML o enorme consumo de energia. Como solução, propuseram a implantação de um retentor eletromagnético nos equipamentos em que eliminam distúrbios relacionados ao consumo de energia nos equipamentos, proporcionando a diminuição do consumo.

f) Leite e Neto (2018) no estudo de caso, analisou uma empresa do setor metalmeccânico em que seu principal processo de conformação de metais a frio. Neste processo utiliza-se diversos produtos químicos, juntamente com a água. Como forma de implantação de PML, foi sugerido a adição de etapas no tratamento desse efluente (que antes era tratado para descarte) para que fosse possível a reutilização da água não tratada no processo produtivo. Foi adicionado ao sistema de tratamento para possível reutilização: filtração com membrana, oxidação química e desinfecção.

g) Pires (2011) analisou uma empresa do setor metalmeccânico que utiliza a fundição e usinagem em seus processos. No processo de fundição, foram identificados um grande consumo de óleo pelo forno de fusão de ferro fundido, desperdício de areia no misturador (por não ter padrão de medidas), no colarinho da máquina (a geometria permitia que caísse no chão) e na esteira de saída do misturador, no acondicionamento incorreto (chão da fábrica) e na utilização do molde quadrado.

Como solução e implantação da PML, o autor sugeriu: a troca do forno de fusão à óleo por um indutivo – evita o consumo de energia não renovável, produz menos quantidade de escória e gera menos emissão à atmosfera; troca dos misturadores para automático – proporcionando maior padrão de medida na mistura e conseqüentemente diminui o desperdício de areia para moldagem; modificação do colarinho da máquina e inserção de barreiras guias na esteira – ambas permitiam que a areia caísse no chão ou no operador, gerando um desperdício da matéria prima e com a mudança evita essa perda; destinação adequada para cavacos de alumínio e ferro – o primeiro destinado a outra empresa em troca de modelos em alumínio necessários à empresa e o segundo reutilizando a matéria prima como carga nos fornos; acondicionamento da areia base em local apropriado evitando perdas e troca da geometria do molde economizando assim a quantidade de matéria prima (menor geração de resíduos e recursos não renováveis).

h) Sachetti (2011) estudou uma empresa que fabrica caçambas agrícolas para o transporte de materiais e especificamente seu setor de pintura. Ao realizar a análise para

aplicação da metodologia, identificou as seguintes saídas no processo: efluente líquido de tintas, tiner e água; resíduo sólido de pano, latas vazias e EPI e ruídos. Alguns problemas foram identificados regulagem incorreta na pressão da pistola de pintura, resíduos de borra de tinta, desperdício no uso de energia do equipamento e energia elétrica, grande consumo de pano mecânico e inúmeros resíduos de embalagens. Como solução, o autor sugeriu regulagem no equipamento de pressão das pistolas para o recomendado – ganhos na redução de emissão de solventes e tintas no ar; mudança no processo de pintura de forma que as peças fiquem acumuladas e ocasione a diminuição do tempo que a máquina fica ligada; instalação de telhas translúcidas para favorecer a passagem da luz natural e diminuir o consumo de energia; lavagem do pano mecânico permitindo a reutilização dos mesmos e troca de embalagens de tintas por de maiores capacidade e retorno para o fabricante para sua reutilização.

i) Chiavelli (2016) analisou duas empresas do setor metalmeccânico e se realizam ações de produção mais limpa. A primeira atua na produção de peças para maquinários agrícolas e como ação reutiliza suas sobras de materiais e caso não seja reaproveitado revende à outras empresas da região. A segunda empresa também atua na produção de implementos agrícolas (reboque e carroceria) e como ação reaproveita sobras de chapas e tubos metálicos para fabricação de novas peças, vende o resíduo metálico para outra empresa e realiza a separação dos resíduos sólidos.

j) Santos et al., (2015) analisou uma empresa do ramo setor metalmeccânico voltada para o mercado agrícola, e destinou sua ação para a câmara de pintura. O autor constatou que os resíduos desse processo não são dispostos corretamente (latas e galões, água contaminada) e que o layout do local não estava adequado para o escoamento da água. Como solução o autor propôs a adequação do layout de forma que tenha um espaço exclusivo para estocagem de embalagens não lavadas, possuir piso impermeável e bacia de contenção, possuir kit de emergência e dispor de embalagens para acondicionamento de embalagens fechadas.

k) Silva et al., (2019) fizeram um estudo de caso em uma indústria do setor metalúrgico no setor da usinagem. A análise deu ênfase no consumo de ferramentas e o grande estoque “parado” na indústria, que além da agredir o meio ambiente com resíduos de metal duro, era prejudicial à empresa. Os autores, como solução utilizou do nível 1 (eliminar os resíduos na fonte) da PML, trocou a ferramenta por uma de maior qualidade, consequentemente aumentando o tempo de troca e buscou desenvolver fornecedores para fornecerem quantidades menores de ferramentas em seus lotes.

l) Pasqualini et al., (2011) realizaram o trabalho em uma indústria metalúrgica de autopeças. Foi analisado nesse estudo o consumo do óleo de corte nos setores de usinagem da

empresa e os resíduos gerados em forma de cavacos, e como solução e implantação da PML apresentaram propostas para o descarte de ambos. Para o fluido de corte arrastado com cavaco, foi proposta a separação deles por meio da decantação. Após a separação o fluido é tratado e descartado corretamente e o cavaco poderá ser vendido para “sucateiros” e reaproveitado em outros processos.

m) Simon, Cunico e Lima (2020) analisou os processos de uma indústria metal mecânica que tem sua produção voltada para fabricação de máquinas e equipamentos e seus processos são usinagem, montagem, soldagem, limpeza e preparação, pintura, corte de material, entre outro. Os resíduos e emissões das saídas dos processos analisados foram: efluentes líquidos, pó de ferro, granalha, cavaco, poeira, gases e ruído.

Os autores sugeriram ações de produção mais limpa como melhoria no processo. A primeira ação implantada foi a paginação do corte que visa reaproveitar as sobras de metal e o melhor arranjo das peças para efetuar o corte, diminuindo assim as perdas de material. A segunda ação implantada foi a substituição do tipo de granalha para aumentar a sua reutilização. A terceira ação implantada foi adoção de medidor de espessura de camada de tinta buscando o evitar o desperdício do material. A quarta ação implantada foi reutilização do pó de ferro como contrapeso de equipamentos. A quinta ação foi implantado a metodologia da produção em série, que aumenta a eficiência reduzindo o tempo gasto no processo de montagem. A sexta ação foi aquisição de equipamento de menor potência no processo de calandrar chapas economizando energia no processo. A sétima ação foi a implantação de lixeiras para materiais reciclados e esses serem vendidos às empresas de reciclagem específicas o que garante um destino correto do resíduo e economia pra a empresa. A última ação foi a venda de sucata que não é possível reutilizar na empresa.

5. RESULTADOS

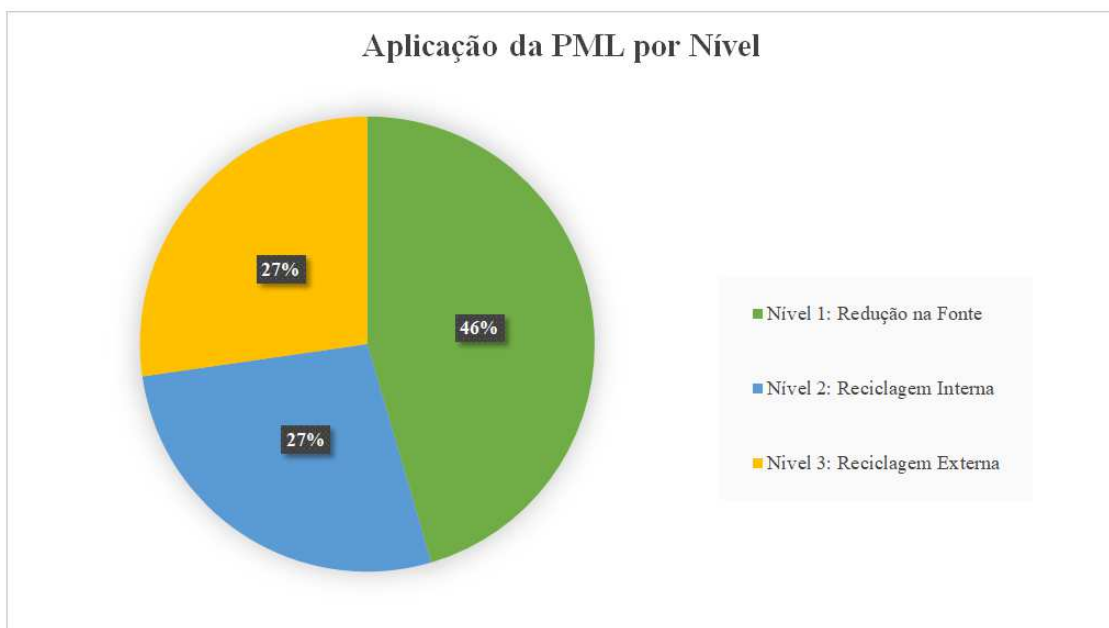
Após análises de estudos de casos não só oportunidades de melhoria nos processos foram identificadas nesse estudo, como também os resíduos mais comuns que aparecem nas etapas puderam ser mapeados.

As oportunidades são, em sua maioria de economia de energia, redução na quantidade de matéria prima utilizada, e redução, reutilização e venda dos resíduos. A implantação dessas mudanças traz tanto benefícios ambientais quanto benefícios econômicos à indústria.

Os resíduos mais comuns identificados foram: fluido de corte, resíduos sólidos (alumínio, ferro e aço), óleo hidráulico e lubrificantes, panos e estopas contaminados, cavacos, limalha de ferro, lixas, embalagens de tintas e outros materiais, fumo metálico, efluentes, areia de fundição, fumo de granalha e granalha, pó de ferro, ferramentas de corte e gases.

Através do estudo, o gráfico (vide figura 2) demonstra que 46% das soluções foram para nível 1 que indica redução na fonte e após isso 27% foram soluções de nível 2 (reciclagem interna) e 27% de nível 3 (reciclagem externa).

Figura 2 – Gráfico de aplicação da PML por nível



Fonte: A autora

Assim, foram mapeadas as soluções implantadas para diversos problemas identificados das etapas de produção na indústria metalmeccânica. Essas soluções serão vistas na tabela 4 abaixo.

Tabela 4 – Soluções de PML implantadas na indústria metalmeccânica

	Nível 1	Nível 2	Nível 3
Usinagem	Uso de Fluido de Corte à base de óleo vegetal	Adicionar aditivos no fluido para remover contaminantes	Venda de cavacos para sucateiros
	Técnica de Mínima Quantidade de Lubrificante	Medição e ajuste do PH e concentração da emulsão	
	Troca da ferramenta de corte por uma de maior qualidade	Manejo da emulsão em máquinas inativas para ativas	
	Desenvolver fornecedores para fornecerem lotes menores de ferramentas	Separação de Fluido do cavaco (decantação, filtro de gravidade, filtro à vácuo, separadores de ciclone, centrífuga, separadores por flotação e magnéticos)	
	Utilizar peças com tamanho próximas do produto original	Reutilizar cavaco de ferro como carga nos fornos	
Fundição	Troca do forno de fusão à óleo por indutivo		
	Troca dos misturadores para automático		
	Modificação da geometria da máquina		
	Acondicionamento de areia base		
	Mudança da geometria do molde		
Soldagem	Substituição do rolo por barricas		Destinação da embalagem para fabricante
	Equipamento de soldagem por arco submerso		
	Instalação de sugadores artificiais com filtros para fumo metálico		
Pintura	Uso de Atenuadores de Óleo para a limpeza		Destinação da embalagem de tinta para fabricante
	Regulagem em pistolas de pintura		
	Troca de embalagem de tintas pequenas por maiores		
	Medidor de espessura de camada de tinta		
Corte e Conformação	Plano de processo de corte	Tratamento de efluente com filtração, oxidação química e desinfecção	Revenda de sobra de materiais e resíduos metálicos
	Paginação do corte de metais	Reaproveitamento de chapas e tubos para fabricação de novas peças	
Energia	Implantação de retentor eletromagnético nos equipamentos		
	Mudança no processo de pintura		
	Instalação de telhas translúcidas para economia de energia		
	Equipamento de menor potência		
Jato de Granalha	Substituição do tipo de granalha aumentar sua vida útil e diminuir compra	Substituição do tipo de granalha por de maior qualidade para aumentar sua	Instalação de Cabine de captação de fumos de granalha
			Venda de fumos de granalha
Outros	Substituição de estopas por toalhas industriais	Transformação da sucata em tijolinhos de peso de academia	Separação de Resíduos sólidos para venda
		Lavagem de toalhas industriais para reutilização	Lixeiras para materiais reciclados
		Reutilização de pó de ferro como contrapeso	

Fonte: A autora

6. CONCLUSÕES

Com esse estudo, identificamos todas soluções realizadas nas indústrias metalmeccânica na última década e percebe-se que existe a possibilidade da aplicação da metodologia de Produção Mais Limpa na maioria de suas etapas de produção.

A metodologia de produção mais limpa diz que se deve priorizar as medidas que busquem eliminar ou minimizar resíduos, efluentes e emissões no processo produtivo onde são gerados e sua aplicação deve evoluir do nível 1 para os demais níveis 2 e 3, respectivamente. Após análise das soluções implantadas, percebe-se (vide figura 2) uma maior aplicação do nível 1 nas etapas garantindo assim a sua priorização, como estabelece a metodologia.

Em suma, através dos estudos de casos, foi possível perceber quais são os problemas e oportunidades mais frequentes encontrados na indústria metalmeccânica e quais são as formas de implantação com base na metodologia PML que estão sendo utilizadas. Depreende-se então, que essas implantações podem ser replicadas em sua maioria em outras empresas do mesmo setor.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 10004: Resíduos sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro: 2004. 77 p.
- ALMEIDA, C.M.V.B et al. Integrating cleaner production into sustainability strategies: an introduction to this special volume. **Journal of Cleaner Production**, v. 96, pp. 1 - 9, 2015.
- ARAÚJO, A. F. **A aplicação da Metodologia de Produção Mais Limpa**: Estudo em uma empresa do setor de construção civil. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa BARBACOVÍ, N. E. **Gerenciamento de Resíduos Industriais**: Uma avaliação de desempenho ambiental aplicado nas indústrias metal-mecânica em um município de médio porte. Dissertação (Mestre em Engenharia). Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, 2013.
- BARBIERI, J. C.; CAJAZEIRA, J. E. R. **Responsabilidade social empresarial e empresa sustentável**: da teoria à prática. São Paulo: Saraiva, 2009.
- BORGES, M. de S. **Sustentabilidade ambiental em pequenas empresas: implementação interativa de produção mais limpa (P+L)**: Estudo em uma empresa metal-mecânica do ramo automotivo. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.
- Centro Nacional de Tecnologias Limpas. **Documento Geral**: Programa de Produção mais Limpa, SENAI, Porto Alegre, 2003.
- CHAVES, M. **Resistência a mudança: um estudo das relações entre moderadores individuais e situações, atitudes e comportamentos de servidores de uma instituição pública em processo de mudança**; Brasília: ANPAD, 2005.
- CHIAVELLI, H. G. R.; MAILSON, J. S. **Diagnóstico ambiental à luz da produção mais limpa**: Estudo de caso em duas indústrias do setor metal-mecânico no Município de Maringá – PR. In: Simpósio de Engenharia de Produção: Perspectivas e Soluções para a Indústria e o Mercado de Trabalho. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2016.
- CNTL – Centro Nacional de Tecnologias Limpas (2003). **Implementação de Programas de Produção mais Limpa**. Porto Alegre: Centro Nacional de Tecnologias Limpas. 42 p.
- EL-FADEL, M. et al (2001). Industrial-waste management in developing countries: The case of Lebanon. *Journal of Environmental Management* (2001) 61, 281-300.
- FERNANDES, J. L. et al. **Um estudo da Produção Mais Limpa na gestão ambiental**. Revista Augustus, Rio de Janeiro, v. 20, n. 39, p. 52-64, 2015.

- FERNANDES, J. V. G et al. **Introduzindo práticas de produção mais limpa em sistemas de gestão ambiental certificáveis:** uma proposta prática. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 06, n. 03, jul/dez. Rio de Janeiro, 2001.
- FIGUEIREDO, V. F. **Produção mais limpa nas pequenas e micro empresas:** elementos inibidores. In: XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2004, Florianópolis. Anais do XXIV ENEGEP, 2004.
- FONSECA, R. A. et al. **Produção mais Limpa:** uma nova estratégia de produção. In: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia – SEGet, 2013.
- HENRIQUES, L. P.; QUELHAS, O. L. G. **Produção Mais Limpa:** Um exemplo para sustentabilidade nas organizações. 2007.
- LEITE, R. R.; NETO, G. C. de O.; SOUZA, M. T. S. **Barreiras para Implantação de Produção mais Limpa:** um Estudo em uma empresa do Setor Metal-Mecânico. XXVII Seminários em Administração. Universidade Nove de Julho. 2015.
- LEMO, Ângela D. C. **A produção mais limpa como geradora de inovação e competitividade.** Dissertação (Mestrado em Administração) – Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999.
- LERIPIO, A. A. **Gaia: um método de gerenciamento de aspectos e impactos ambientais.** Florianópolis, 2001.
- MACEDO, A.O.; CAMPOS, R. R. **Diagnóstico do complexo metal-mecânico:** Brasil e Santa Catarina. Revista de Tecnologia e Ambiente, Criciúma, 2001.
- MACEDO, M. Á. S. **Análise do nível de sustentabilidade:** um estudo apoiado em Análise Envoltória de Dados (DEA). In: XII Simpósio de Administração, Anais..., São Paulo, 2009.
- OLIVEIRA, J. F. G.; ALVES, S. M. **Adequação ambiental dos processos usinagem utilizando Produção mais Limpa como estratégia de gestão ambiental.** Revista Produção, v. 17., n. 1, p. 129-138, 2007.
- PASQUALINI, A, et al. **Redução do Consumo de Fluido de Corte através da Produção Mais Limpa.** In: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia –VIII Seget, 2011.
- PEDROZA, DC. **O que fazer com os resíduos? O que fazer para não gerar resíduos?.** Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2009.
- PIRES, D. C. **Implementação do Programa de Produção mais Limpa em uma indústria de fundição de pequeno porte.** Dissertação (Mestre em Engenharia Civil). Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2011.
- ROCCA, A. C. **Resíduos sólidos industriais.** São Paulo: CETESB, 1993. 233 p.

- ROSSI, M. T. B.; BARATA, M. M. L. **Barreiras à Implementação de Produção Mais Limpa como Prática de Ecoeficiência em Pequenas e Médias Empresas**. In: International Workshop Advances in Cleaner Production. São Paulo, 2009.
- SACHETTI, J. V. **Proposta da metodologia da Produção mais Limpa em Setor de pintura de uma empresa Metalmeccânica**. Dissertação (Graduação Engenheiro Ambiental). Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2011.
- SANTINI, L. T.; NETO, G. C. de O.; TUCCI, H. N. P. **Implantação de Reciclagem e Reuso como prática de Produção mais Limpa: Estudo de Caso em uma Industria de Usinagem**. In: XII Seget, 2015.
- SANTOS, B. M. dos. Et al. **Diagnóstico e reflexão sobre os processos de produção mais limpa numa empresa do ramo metalmeccânico**. Revista Metropolitana de Sustentabilidade. v. 8. n. 2. Santa Maria, 2018.
- SHI, H. et al. **Barriers to the implementation of cleaner production in Chinese SMEs: government, industry and expert stakeholders' perspectives**. Journal of Cleaner Production, v. 16, n. 7, 2008.
- SILVA, C. da. Et al. **Melhoria da Gestão Sustentável na afiação de ferramentas em uma indústria metalúrgica através da Produção Mais Limpa**. Revista Produção Industrial e Serviços. Santa Catarina, v. 06, n. 02, p. 108-116, 2019.
- SIMIÃO, J. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos Industriais em uma Empresa de Usinagem sobre o enfoque da produção mais limpa**. 2011. 169 f. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.
- SIMON, D. et al. **Aplicação de Ações de Produção mais Limpa em uma empresa do Setor Metalmeccânico**. Ciências Exatas da Terra: Aprendizado, Integração e Necessidades do País. Atena Editora: 2020.
- TAGLIARI, L. D. **Planejamento do Processo de Produção Mais Limpa em Uma Empresa Metal-mecânica**. Dissertação (Mestre em Engenharia). Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, 2012.
- TOCCHETTO, M. R. L. **Curso de Tratamento de Efluentes Líquidos e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Industriais: parte 2 – resíduos sólidos**. Cuiabá, 2007. 152p.
- TOCCHETTO, M. R. L. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos Industriais**. Curso de Química Industrial. Universidade Federal de Santa Maria: Santa Maria, 2011.
- TUCCI, H. N. P. et al. **Aplicação de Práticas de Produção mais Limpa em uma empresa do setor metal mecânico: uma avaliação econômica e ambiental**. In: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia – XVI Seget. Faculdades Dom Bosco, 2019.

VALLE, C. E. (1995). **Qualidade ambiental: como ser competitivo protegendo o meio ambiente:** (como se preparar para as normas ISSO 14000). São Paulo: Pioneira, 1995. 117 p.

VAN BELLEN, H. M. **Indicadores de sustentabilidade:** uma análise comparativa. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2005.

WERNER, E. de M.; BACARJI A. G.; HALL, R. J. **Produção Mais Limpa:** Conceitos e Definições Metodológicas. In: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia – SEGet. [20]. p.1-15.

ANEXO A – TERMO DE AUTENTICIDADE



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA

Termo de Declaração de Autenticidade de Autoria

Declaro, sob as penas da lei e para os devidos fins, junto à Universidade Federal de Juiz de Fora, que meu Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Engenharia Mecânica é original, de minha única e exclusiva autoria. E não se trata de cópia integral ou parcial de textos e trabalhos de autoria de outrem, seja em formato de papel, eletrônico, digital, áudio-visual ou qualquer outro meio.

Declaro ainda ter total conhecimento e compreensão do que é considerado plágio, não apenas a cópia integral do trabalho, mas também de parte dele, inclusive de artigos e/ou parágrafos, sem citação do autor ou de sua fonte.

Declaro, por fim, ter total conhecimento e compreensão das punições decorrentes da prática de plágio, através das sanções civis previstas na lei do direito autoral¹ e criminais previstas no Código Penal², além das cominações administrativas e acadêmicas que poderão resultar em reprovação no Trabalho de Conclusão de Curso.

Juiz de Fora, 19 de março de 2021.

Rafaela Litoneli de Miranda
NOME LEGÍVEL DO ALUNO (A)

201471079

Matrícula

Rafaela Litoneli
ASSINATURA

112.902.126-27

CPF

¹ LEI N° 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.

² Art. 184. Violar direitos de autor e os que lhe são conexos: Pena - detenção, de 3 (três) meses a 1 (um) ano, ou multa.