UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

GUILHERME FAVORETO PESCIM

MODELO DE MATURIDADE PARA IMPLANTAÇÃO DA PRODUÇÃO
MAIS LIMPA (P+L) NAS EMPRESAS

São Carlos

2017

GUILHERME FAVORETO PESCIM

MODELO DE MATURIDADE PARA IMPLANTAÇÃO DA PRODUÇÃO
MAIS LIMPA (P+L) NAS EMPRESAS

Dissertação apresentada à Escola de
Engenharia de São Carlos da Universidade de
São Paulo, como requisito para a obtenção do
Título de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Processos e Gestão de
Operações

Orientador: Prof. Dr. Kleber Francisco
Espôsto

São Carlos

2017

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

P473m Pescim, Guilherme Favoreto
Modelo de maturidade para implantação da Produção
mais Limpa (P+L) nas empresas / Guilherme Favoreto
Pescim; orientador Kleber Francisco Esposto. São
Carlos, 2017.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Produção e Área de Concentração em
Processos e Gestão de Operações -- Escola de Engenharia
de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2017.

1. Produção mais Limpa. 2. Modelo de Maturidade. 3.
Práticas. 4. Técnicas. 5. Ferramentas. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Engenheiro **GUILHERME FAVORETO PESCIM**.

Título da dissertação: "Modelo de maturidade para implantação da produção mais limpa (P+L) nas empresas".

Data da defesa: 20/10/2017.

Comissão Julgadora:

Resultado:

Prof. Dr. **Kleber Francisco Espôsto**
(Orientador)
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

Aprovado

Prof. Dr. **Biagio Fernando Giannetti**
(Universidade Paulista/UNIP)

Aprovado

Profa. Dra. **Juliana Veiga Mendes**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

Aprovado

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção:

Prof. Associado **Aldo Roberto Ometto**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:
Prof. Associado **Luís Fernando Costa Alberto**

*Dedico este trabalho aos meus pais, a Livia, colegas de trabalho e amigos por
todo apoio e incentivo.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao Prof. Dr. Kleber Francisco Espôsto pela orientação no desenvolvimento deste trabalho, compreensão com o fato de eu trabalhar fora de São Carlos a semana toda e por me dar a oportunidade de estudar um tema alinhado ao meu propósito que me fez aprender e crescer profissionalmente e pessoalmente visando ajudar a evolução do setor empresarial e academia rumo à construção de um mundo mais sustentável.

Aos professores da banca de qualificação, Profa. Dra. Juliana Veiga e Prof. Dr. Aldo Roberto Ometto, que contribuíram para refinar e evoluir a pesquisa.

Aos especialistas que participaram da avaliação dos resultados e que deram sugestões bastante valiosas para melhoria deste trabalho: Prof. Dr. Biagio Fernando Giannetti, Gabriele Malta Correia, Volnei Tenfen, Jorgeane Almeida, Erika Pinheiro, Susiele Tavares, João Duarte, Rodrigo Muniz, Adenildo Santos, Tayane Vanderley, Valquiria Figueiredo.

Agradeço à Jessyca do Departamento de Engenharia de Produção por não medir esforços para passar orientações nos diversos momentos ao longo do desenvolvimento deste trabalho

Ao meu pai Antonio, à minha mãe Neusa pela paciência, incentivo e apoio incondicional ao longo dessa trajetória acadêmica, e que muitas vezes tiveram que entender minhas ausências para finalizar a pesquisa.

Por fim, agradeço a Livia pela compreensão, paciência, parceria, companheirismo e dedicação em mais essa etapa de nossa vida na qual buscamos juntos o aprendizado e evolução profissional.

Obrigado a todos que de alguma forma contribuíram para a conclusão deste trabalho.

Algo só é impossível até que alguém duvide e resolva provar ao contrário.
(Albert Einstein)

RESUMO

PESCIM, G. F. **Modelo de Maturidade para implantação da Produção Mais Limpa (P+L) nas empresas**. 226 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

A Produção mais Limpa (P+L) é uma abordagem preventiva de gestão ambiental destinada a reduzir a poluição na fonte. Apesar dos casos de sucesso, a literatura indica algumas barreiras que tem dificultado a implantação da P+L nas empresas. Entre essas barreiras estão o fato de sua aplicação ser pontual e pouco integrada à gestão das empresas e a falta de informações detalhadas e sistematizadas sobre práticas que podem ser aplicadas no processo de implantação da P+L. O principal objetivo deste trabalho é introduzir um Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa para apoiar a implantação de produção mais limpa nas empresas. O Modelo de Maturidade proposto é composto por três elementos: Estágios de Maturidade, Práticas de Produção mais Limpa e Método de Aplicação para melhoria contínua. Para isso, uma revisão da literatura foi realizada com objetivo de identificar as principais dimensões de evolução em Produção mais Limpa e sistematizar práticas, técnicas e ferramentas de P+L que foram incluídas como parte do modelo. Além disso, a primeira versão do Modelo foi submetida à avaliação de especialistas com objetivo de melhorar sua descrição e consistência. Os principais benefícios que o modelo oferece tanto para área acadêmica como para as empresas são a sistematização do conhecimento sobre Produção mais Limpa, um conjunto de práticas, técnicas e ferramentas e um guia simplificado e visual para avaliar a condição atual e definir metas futuras para avançar na implantação da P+L.

Palavras-chave: Produção mais Limpa, P+L, Modelo de Maturidade, Práticas, Técnicas e Ferramentas.

ABSTRACT

PESCIM, G. F. **Maturity Model for the Implementation of Cleaner Production (P + L) into companies.** 226 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

Cleaner Production (CP) is a preventive environmental management approach aimed at reducing pollution at source. Despite the success stories, the literature indicates barriers that difficult the implementation of CP into companies. Among these barriers are the fact that the CP application is timely and poorly integrated with the management of companies and the lack of detailed and systematized information on practices that can be applied in the CP implementation process. The main objective of this work is to introduce a Cleaner production Maturity Model to support the implementation of cleaner production into companies. The Cleaner Production Maturity Model proposed is composed of three elements: Maturity stages, Cleaner Production Practices and Application Method for continuous improvement. For this, a literature review was conducted to identify the main evolution dimensions on cleaner production adoption and systematize CP practices, techniques and tools that were included into the model framework. Moreover the first version of Cleaner Production Maturity Model was submitted to experts evaluation in order to improve the framework description and consistency. The main benefits the model provides both to academic and business areas is a systematization of cleaner production knowledge, a set of practices, techniques and tools and a simplified and visual guide to evaluate current condition and define future goals to advance the CP implementation into a company.

Keywords: Cleaner Production, CP, Maturity Model, Practices, Techniques and Tools.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	21
1.1 Contexto e Motivação.....	21
1.2 Objetivos.....	24
1.3 Descrição do documento.....	25
2. MÉTODO.....	27
2.1 Aspectos referentes aos métodos utilizados na pesquisa.....	27
2.2 Estrutura e etapas do trabalho.....	29
2.2.1 Fase 1: Revisão da literatura e análise semântica das definições de Produção mais Limpa.....	30
2.2.1.1 Revisão bibliográfica exploratória sobre Produção mais Limpa e Modelos de Maturidade.....	30
2.2.1.2 Análise semântica das definições de Produção mais Limpa.....	31
2.2.2 Fase 2: Elaboração do Modelo de Maturidade Teórico de Produção mais Limpa.....	33
2.2.2.1 Sistematização e classificação das práticas, técnicas e ferramentas de Produção mais Limpa.....	36
2.2.2.2 Desenvolvimento dos níveis de maturidade em Produção mais Limpa.....	38
2.2.2.3 Desenvolvimento de um método para apoiar a aplicação do Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa.....	38
2.2.2.4 Consolidação da versão teórica do Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa.....	39
2.2.2.5 Melhorias do modelo por meio da avaliação de especialistas.....	39
3. REVISÃO DA LITERATURA E ANÁLISE SEMÂNTICA DAS DEFINIÇÕES DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA.....	43
3.1 Produção mais Limpa.....	43
3.1.1 Barreiras para implantação da Produção mais Limpa.....	49
3.1.2 Dimensões de evolução na aplicação da Produção mais Limpa.....	53
3.1.3 Metodologias de Produção mais Limpa.....	58

3.2 Modelos de Maturidade.....	60
3.2.1 <i>Capability Maturity Model Integration (CMMI)</i>	62
3.2.2 Organizational Project Management Maturity Model (OPM3).....	64
3.2.3 Modelo de Maturidade – ISO 9004:2010.....	65
3.2.4 Modelo EcoM2.....	65
3.2.5 Ferramenta de Avaliação do Grau de Maturidade em SGI.....	66
3.3 Análise semântica e estabelecimento da definição de trabalho de Produção mais Limpa.....	68
3.4 Considerações e resultados da Fase 1 do estudo.....	73
4. ELABORAÇÃO DO MODELO DE MATURIDADE TEÓRICO DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA	75
4.1 Descrição do Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa.....	75
4.2 Sistematização e classificação de práticas, técnicas e ferramentas de Produção mais Limpa.....	76
4.2.1 Questão de pesquisa, bases e strings de busca.....	77
4.2.2 Seleção de artigos, avaliação de conteúdo, extração de dados, busca cruzada e síntese dos resultados.....	77
4.2.3 Práticas de Gestão de Produção mais Limpa.....	82
4.2.4 Práticas Operacionais de Produção mais Limpa.....	86
4.2.5 Técnicas/Ferramentas de Produção mais Limpa.....	88
4.2.6 Relação entre as práticas, técnicas e ferramentas de Produção mais Limpa.....	90
4.2.6.1 Relação entre as práticas de gestão.....	90
4.2.6.2 Relação entre as práticas de gestão, práticas de operação e técnicas/ferramentas.....	90
4.3 Níveis de Maturidade em Produção mais Limpa.....	91
4.3.1 Dimensões para implantação de Produção mais Limpa.....	91
4.3.2 Descrição dos níveis de maturidade em Produção mais Limpa.....	93
4.4 Desenvolvimento de um método para apoiar a aplicação do Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa.....	96
4.5 Avaliação do modelo de Maturidade de Produção mais Limpa por com especialistas.....	98
4.5.1 Definição de objetivos e tópicos para discussão.....	98
4.5.2 Identificação dos especialistas consultados.....	99

4.5.3 Realização das entrevistas.....	99
4.5.4 Apresentação dos comentários dos especialistas.....	100
4.5.4.1 Conceito do Modelo de Maturidade.....	100
4.5.4.2 Práticas de Produção mais Limpa.....	101
4.5.4.3 Níveis de Maturidade de Produção mais Limpa.....	102
4.5.4.4 Método de aplicação do modelo.....	103
4.5.4.5 Outros comentários e sugestões.....	104
4.5.5 Análise das melhorias proposta para o Modelo de Maturidade.....	104
4.6 Versão Final do Modelo de Maturidade com base na avaliação dos especialistas.....	108
4.6.1 Melhorias nas Práticas de Produção mais Limpa.....	108
4.6.2 Melhorias nos Níveis de Maturidade de Produção mais Limpa.....	109
4.6.2.1 Nível de Maturidade de Produção mais Limpa.....	109
4.6.2.2 Nível de Capacidade das Práticas de Gestão de Produção mais Limpa.	113
4.6.2.3 Estágios de Maturidade de Produção mais Limpa.....	113
4.6.3 Melhorias nos Método de Aplicação.....	114
5. CONCLUSÕES.....	121
6. REFERÊNCIAS.....	123
APÊNDICE A – Práticas de Gestão de Produção mais Limpa.....	144
APÊNDICE B – Práticas Operacionais de Produção mais Limpa.....	166
APÊNDICE C – Técnicas/Ferramentas de Produção mais Limpa.....	193
APÊNDICE D – Questionário para Avaliação do Estágio de Maturidade em Produção mais Limpa.....	223

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contexto e Motivação

A produção industrial em massa, os padrões de consumo e o aumento da necessidade de energia para suprir as necessidades de uma população crescente tem sido um dos fatores de contribuição para a degradação ambiental (OECD, 2013, p. 110; SEVERO et al., 2015). Enquanto os sistemas de produção tradicionais existem para proporcionar eficiência, precisão e baixos custos, novos modelos também passaram a ser orientados para a sua sustentabilidade visando redução de impactos ambientais, sociais e econômicos (ARAUJO, 2010). Ao longo dos anos, a postura das empresas perante a gestão ambiental evoluiu continuamente de passiva para reativa e, por fim, para preventiva (VAN BERKEL, 2002; HILSON, 2003; HAUSCHILD et al., 2005; KHALILI et al., 2015). Esta evolução é decorrente da percepção de que é possível gerar valor econômico ao negócio ao mesmo tempo em que se promove a melhoria das condições ambientais para a sociedade. A competitividade das empresas pode ser potencializada por meio da implantação de práticas de gestão ambiental, que se refletem em redução de custos e alto nível de qualidade e confiança entre a empresa e suas partes interessadas (YANG et al., 2010).

Dentro deste contexto, a Produção mais Limpa (P+L) é uma estratégia ambiental preventiva que visa reduzir a poluição na fonte. A UNEP (1994, p.5) define Produção mais Limpa como “a aplicação contínua de estratégias ambientais preventivas e integradas aos processos, produtos e serviços com o objetivo de aumentar a eficiência global e reduzir riscos para o homem e o meio ambiente”.

Ao longo dos anos, as práticas de Produção mais Limpa têm sido aplicadas por diversas empresas de variados setores. Muitas dessas aplicações têm apresentado êxito nas empresas ao redor do mundo, promovendo melhorias ambientais, operacionais e econômicas em diferentes setores da indústria como papel e celulose, saneamento, fabricação de joias banhadas a ouro, mineração, eletrônicos e metalúrgico (SILVA et al., 2013).

Diversos estudos demonstram que a Produção mais Limpa, além de atuar como uma ferramenta para prevenção da poluição, tem gerado retorno financeiro às empresas (HILSON, 2003; ZENG et al., 2010; SILVA et al., 2013).

A implantação da Produção mais Limpa permite que as organizações operem, produzam e prestem serviços de maneira mais eficiente. Entre os seus benefícios estão:

redução de custos, redução de emissões e resíduos, redução de impactos ambientais e de saúde, melhoria de desempenho organizacional e abertura para novos mercados (FRESNER, 1998; UNEP, 2000; ZENG et al., 2010; KHALILI et al., 2015; SEVERO et al., 2015).

Muitos pesquisadores consideram que a Produção mais Limpa pode ter uma influência significativa como ferramenta, programa ou filosofia para a promoção de novas tecnologias ambientais, catalisação da gestão ambiental associada ao processo e produto final, reforma de paradigmas relacionados ao retorno financeiro de iniciativas ambientais e promoção da conexão entre a industrialização e a sustentabilidade (HILSON, 2003; VIEIRA; AMARAL, 2016).

Apesar dos casos de sucesso, a literatura indica barreiras que dificultam a disseminação e implantação da Produção mais Limpa nas organizações (KALAVAPUDI, 1995; WANG, 1999; STONE, 2000; CAGNO et al., 2005; CALIA; GUERRINI, 2006; DOVI et al., 2009; MURILLO-LUNA et al., 2011; SILVA et al., 2013; VIEIRA; AMARAL, 2016).

Algumas das barreiras organizacionais que dificultam a disseminação e adoção da Produção mais Limpa nas empresas estão relacionadas com o fato de que a sua aplicação é pontual e pouco integrada à gestão das empresas; falta um padrão, sistema formal ou modelo para definir princípios e processos de implantação e faltam informações detalhadas, técnicas e ferramentas para gerar resultados e guiar a sua implantação em uma sequência de etapas bem definidas (WANG, 1999; BERKEL, 2001; CAGNO et al., 2005; CALIA; GUERRRRINI, 2006; SILVA et al., 2013; BAI; ZHANG; WANG, 2015).

Além disso, no dia a dia, as empresas se deparam com centenas de requisitos de leis, organismos de normalização, clientes e acionistas que devem ser cumpridos para a sobrevivência no mercado. Lidar com todos esses requisitos, muitas vezes específicos e desconectados de uma estratégia de negócio, deixa muitas empresas confusas e frustradas (MAIER et al., 2012).

Os seis anos de experiência do autor deste estudo nas áreas de meio ambiente corporativa e operacional em grandes empresas apontam que o estabelecimento de programas conectados com a estratégia de negócios e baseadas em estágios sequenciais bem definidos, com práticas, técnicas e ferramentas que precisam ser implantadas para avançar cada estágio rumo a excelência, é fundamental para o sucesso e continuidade de novas iniciativas dentro de uma organização. As empresas buscam frequentemente estratégias simples, rápidas, de baixo custo e efetivas para avaliar a situação corrente e implantar iniciativas referentes aos temas relevantes para os negócios. Iniciativas isoladas, complexas ou sem uma estratégia de

implantação visualmente simples e bem definida geralmente não são apoiadas pela alta direção ou incorporadas pela área operacional das empresas.

A implantação da Produção mais Limpa nas organizações também depende da compreensão, engajamento e comprometimento da alta liderança e demais funcionários com a dimensão ambiental do negócio e seus benefícios (UNNIKRISHNAN; HEDGE, 2007; SATURNINO; JABBOUR, 2010).

Assim, novas iniciativas que apresentam potencial para gerar valor para as empresas, podem ficar em segundo plano caso não existam modelos práticos e bem definidos capazes de guiar a sua implantação.

Alguns autores propuseram modelos abrangentes e sistemáticos para avaliação de P+L. Fijal (2007) propôs um método quantitativo para avaliação ambiental de tecnologias de P+L. O método, baseado no fluxo de massa e energia presente na tecnologia sob investigação, pode ser empregado para avaliação ambiental de tecnologias de produtos e processos implantadas, modernizadas ou modificadas, assim como para comparação de tecnologias alternativas.

Jia et al. (2014) apresentaram uma metodologia para avaliação dos processos de P+L da indústria de extração de vanádio na China a partir da definição de um modelo padrão de indicadores.

Bai, Zhang e Wang (2015) propuseram uma metodologia para avaliação da Produção mais Limpa em indústrias de processamento de rochas na China. Laforest (2013) apresentou uma ferramenta para análise multicritério com objetivo de engajar os fabricantes a implantar práticas de produção mais limpas e mais seguras nas indústrias de acabamento de metais. Ming-Lang et al. (2009) realizaram um estudo para avaliar a implantação de P+L em indústrias de fiação impressa baseando-se no método fuzzy para análise de hierarquia de processos. Weiqian e Zhang (2014) propuseram um sistema e avaliação de desempenho ambiental que possibilite a avaliação quantitativa do sistema de gestão ambiental na indústria de revestimentos. Telukdarie et al. (2006) realizaram um estudo de caso em unidades de tratamento de superfícies por meio do uso de um sistema de avaliação baseado em lógica fuzzy que apresenta o status de implantação de P+L de uma empresa.

Os modelos desenvolvidos são personalizados para setores e indústrias específicas, ou fins específicos como, por exemplo, a avaliação de tecnologias. Além disso, focam na avaliação técnica dos benefícios gerados por meio de resultados ambientais e econômicos. Sendo assim, existe uma lacuna para um modelo abrangente e sistemático que possa avaliar os estágios de maturidade em Produção mais Limpa estrategicamente nas empresas, de forma a

suportar a alta liderança e demais funcionários da empresa na visualização de qual o caminho a ser seguido para avançar na implantação da Produção mais Limpa.

Neste sentido, o modelo de maturidade pode se apresentar como uma ferramenta utilizada tanto para avaliação da situação corrente da organização em Produção mais Limpa como para desenho do caminho a ser seguido para avançar na sua implantação.

O modelo de maturidade possibilita a avaliação do desempenho e o avanço na implantação de P+L com praticidade, rapidez e baixo custo, atendendo às características frequentemente valorizadas pelas empresas para adoção de estratégias e programas (MAIER et al., 2012).

Dessa forma, entende-se que o melhor aproveitamento do potencial da Produção mais Limpa e maior integração com as estratégias de negócio poderão ocorrer a partir do desenvolvimento e disseminação de um modelo de maturidade simples e prático que permita que as empresas identifiquem a sua situação atual, qual o caminho para avançar na implantação da Produção mais Limpa em seu negócio e quais práticas, técnicas e ferramentas poderão ser utilizadas. Deste modo, este trabalho busca responder a seguinte pergunta de pesquisa: **Como apresentar um modelo de maturidade que apresente um caminho evolutivo às organizações na adoção da Produção mais Limpa?**

Na sequência, a seção 1.2 expõe os objetivos delineados para esta dissertação.

1.2 Objetivos

Este trabalho tem como principal objetivo o desenvolvimento de um modelo de maturidade de Produção mais Limpa para suportar a melhoria contínua das empresas neste aspecto, considerando os seus objetivos estratégicos de negócio.

Visando estruturar o alcance do objetivo principal da dissertação são apresentados os objetivos específicos do estudo:

- Sistematizar e classificar as práticas, ferramentas e técnicas de Produção mais Limpa encontrados na literatura pesquisada;
- Realizar avaliação com especialista acadêmico e da indústria para melhoria do modelo desenvolvido

A seção 1.3 apresenta a estrutura da dissertação dividida em capítulos.

1.3 Estrutura da dissertação

A Dissertação está dividida em 6 capítulos e 4 Apêndices, conforme representado na Figura 1.

Figura 1 – Estrutura da Dissertação

Fonte: Autoria própria

O primeiro capítulo contém o contexto, motivação e questão de pesquisa, objetivos e descrição do documento.

O segundo capítulo expõe os métodos e etapas conduzidas para realização deste trabalho. O terceiro capítulo apresenta os resultados obtidos referentes à revisão bibliográfica da literatura conduzida sobre Produção mais Limpa e Modelos de Maturidade e análise semântica das definições de Produção mais Limpa. O quarto capítulo apresenta os resultados da elaboração do Modelo de Maturidade Teórico de Produção mais Limpa.

O quinto capítulo expõe a conclusão e considerações finais do estudo e, por último, o sexto capítulo, apresenta as referências bibliográficas.

2. MÉTODOS

Este capítulo apresenta os aspectos referentes aos métodos utilizados (2.1) e etapas realizadas para a condução deste trabalho (2.2).

2.1 Aspectos referentes aos métodos utilizados na pesquisa

Segundo Gil (2008, p. 26), a pesquisa é definida como “[...] um procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. A pesquisa desenvolve-se por um processo constituído de várias fases, desde a formulação do problema até a apresentação e discussão dos resultados’.

A pesquisa pode ser classificada como pura ou aplicada. A pesquisa pura é voltada para o progresso da ciência, desenvolvendo conhecimento sem a preocupação direta das suas aplicações práticas. Por outro lado, a pesquisa aplicada apresenta como principal característica a aplicação e consequências práticas dos conhecimentos (GIL, 2008).

Outro tipo de classificação da pesquisa está relacionado com o seu nível de desenvolvimento. Dessa forma, a pesquisa pode ser classificada como: exploratória, descritiva e explicativa (GIL, 2008).

A primeira etapa para o desenvolvimento de uma área do conhecimento se dá por meio de pesquisas exploratórias que definem conceitos, classificações e definições. Posteriormente, as pesquisas descritivas buscam descrever fenômenos baseados em visões gerais de padrões observados. Na sequência, modelos analíticos que correlacionam os padrões observados e modelos para gestão do processo estudado são desenvolvidos por meio da pesquisa explicativa, que cria novos modelos para explicar um fenômeno. Após a pesquisa explicativa, o próximo nível é o desenvolvimento de estudos para compreensão das relações causais, previsão do efeito de diferentes ações ou medidas e desenvolvimento de manuais e ferramentas para implantação do conceito na prática (KARLSSON, 2009).

O desenvolvimento da pesquisa deve ser baseado no uso de método científico que é definido como uma gama de procedimentos intelectuais e técnicos adotados para se atingir o conhecimento (GIL, 2008).

De uma forma geral, os métodos de pesquisa podem ser divididos em dedutivo e indutivo. O método dedutivo busca desenvolver teorias e hipóteses para posteriormente testá-las por meio de observações empíricas (LANCASTER, 2005).

Segundo Gill e Johnson (2002), as etapas para o desenvolvimento de pesquisa por meio do método dedutivo são:

1. Formulação da Hipótese/Teoria
2. Operacionalização (tradução de conceitos abstratos em indicadores ou medidas que permitam que observações sejam realizadas)
3. Teste da teoria por meio de observações empíricas
 - 3.1. Falsificação e descarte da teoria
 - 3.2. Criação de leis ainda não falsificadas que explicam o passado e preveem o futuro por meio de observações

A lógica do método indutivo é o inverso da lógica do método dedutivo, ou seja, inicia com a observação empírica para construir explicações e teorias sobre o que foi observado (GILL; JOHNSON, 2002).

O método utilizado nesta pesquisa é o dedutivo, pois visa desenvolver teoria e hipótese que, posteriormente, poderá ser testada a partir de observações empíricas em futuros estudos. Devido a essa característica, a maioria das pesquisas que utilizam o método dedutivo pode ser classificada como pesquisa aplicada (LANCASTER, 2005). Desta forma, esta pesquisa é classificada como pesquisa aplicada já que possui o objetivo de utilização dos resultados para geração de consequências práticas no mundo acadêmico e de negócios por meio do uso do método dedutivo (KARLSSON, 2009). Além disso, também pode ser classificada como pesquisa exploratória, pois tem como objetivo desenvolver e esclarecer conceitos, visando estipular uma hipótese pesquisável para ser colocada em prática de forma empírica e testada em estudos posteriores (GIL, 2008).

A hipótese estipulada nesta pesquisa é que a seleção de práticas, técnicas e ferramentas de Produção mais Limpa, visando à evolução da organização neste tema, pode ser suportada pelo uso do Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa, que é a teoria desenvolvida na pesquisa.

2.2 Estrutura e etapas do trabalho

A Figura 2 apresenta o escopo, abordagem, métodos e fases desta pesquisa.

Figura 2 – Escopo, Abordagem, Métodos e Fases da pesquisa

Fonte: Autoria própria

As etapas realizadas em cada uma das fases da pesquisa encontram-se ilustradas na Figura 3 e são detalhadas nas seções 2.2.1 (Fase 1) e 2.2.2 (Fase 2).

Figura 3 – Etapas da pesquisa

Fonte: Autoria própria

2.2.1 Fase 1: Revisão da literatura e análise semântica das definições de Produção mais Limpa

A primeira fase do estudo busca identificar o referencial teórico sobre os principais temas abordados (Produção mais Limpa e Modelos de Maturidade) e definir o conceito de Produção mais Limpa que será utilizado como base para o desenvolvimento deste trabalho.

2.2.1.1 Revisão bibliográfica exploratória sobre Produção mais Limpa e Modelos de Maturidade

O primeiro passo do estudo consistiu na realização de uma revisão bibliográfica exploratória sobre Produção mais Limpa e Modelos de Maturidade com objetivo de levantar o estado da arte referente a esses temas chave para este trabalho.

A revisão exploratória tem o objetivo de proporcionar maior familiaridade com os assuntos a serem estudados, com vistas a especificá-los melhor.

A etapa de revisão bibliográfica exploratória foi conduzida por meio de consultas com especialistas e buscas em bases nacionais e internacionais (Scopus e Web of Knowledge).

2.2.1.2 Análise semântica das definições de Produção mais Limpa

Uma análise semântica foi realizada sobre as definições de Produção mais Limpa levantadas na revisão bibliográfica exploratória com o objetivo de estabelecer a definição e seu escopo que será utilizada para a identificação de práticas, técnicas e ferramentas de P+L.

A análise semântica é um método utilizado para identificar os principais elementos de um texto e suas relações, por meio de suas estruturas sintáticas e contexto textual, visando extrair o seu significado essencial (CARVALHO; FLEURY; LOPES, 2013).

O método proposto por Bardin (1977) foi utilizado para a realização da análise semântica neste estudo devido à sua ampla aplicação, reconhecimento e pioneirismo (SILVA; FOSSA, 2015). Este método define que a análise do conteúdo deve ser realizada conforme as seguintes etapas: i) pré-análise, ii) exploração do material e iii) tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação.

Neste estudo, a etapa de tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação foi realizada por meio do *software Tropes* – Versão 8.4.

A análise semântica foi realizada seguindo as etapas apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1. Etapas da análise semântica

Etapa	Descrição
1	Revisão Bibliográfica Exploratória sobre as definições de P+L
2	Criação do <i>corpus</i> das definições de P+L a partir da revisão bibliográfica exploratória
3	Tratamento do <i>corpus</i> de definições
4	Importação para o <i>software Tropes</i> – Versão 8.4
5	Realização de estatísticas e geração de gráficos de área, papéis e estrela
6	Análise quantitativa de palavras presentes nas definições
7	Elaboração da definição síntese e de trabalho

A primeira etapa para a realização da análise semântica foi a criação do *corpus* das definições de P+L a partir da revisão bibliográfica exploratória. *Corpus* compreende o conjunto de definições que representam um determinado tema e área do conhecimento (CONFORTO, 2013). Na sequência, o corpus das definições foi tratado e importado para o *software Tropes* – Versão 8.4. O tratamento visa padronizar termos para evitar que o software os classifique de forma equivocada.

Na etapa quatro, cinco indicadores estatísticos foram extraídos do software (Quadro 2).

Quadro 2. Indicadores estatísticos extraídos do *software Tropes* – Versão 8.4

Indicadores	Objetivo
Temas principais	Identificar o contexto geral das definições de P+L
Relações mais fortes	Identificar a frequência e a força de ligação entre os termos
Verbos	Definir o termo em questão (verbo age sobre o sujeito, definindo seu estado)
Adjetivos	Identificar as características mais citadas
Substantivos	Indicar os objetos que se relacionam com o termo em questão e o escopo de P+L (processo, produtos e serviços)

Ainda como parte da etapa quatro, três tipos de gráficos foram extraídos do software (Quadro 3).

Quadro 3. Tipos de gráficos extraídos do *software Tropes* – Versão 8.4

Gráficos	Objetivo
Área	Neste gráfico, cada referência é apresentada como uma esfera onde a sua área de superfície é proporcional ao número de palavras. A distância entre a classe central e as outras classes é proporcional ao número de relações que compartilham
Papéis	Apresenta a concentração de relações entre os principais atores e a função mais comum do termo (sujeito ou predicado)
Estrela	Apresenta as relações mais frequentes entre as referências ou uma categoria de palavras e uma referência de forma ordenada

Fonte: Carvalho, Fleury e Lopes (2013)

Na etapa cinco, uma análise quantitativa das palavras presentes nas definições foi realizada a partir dos indicadores estatísticos e gráficos. Essa análise visou identificar as relações mais frequentes, temas principais, substantivos, adjetivos e verbos de forma a extrair os atributos caracterizadores e escopo de P+L para elaborar a definição síntese e de trabalho.

Na etapa seis, a definição síntese de P+L foi construída estritamente com base nos resultados da análise semântica. Os termos e suas relações foram incluídos de acordo com a sua frequência, enquanto que a posição de cada um foi determinada a partir do gráfico de papéis. A definição de trabalho que será utilizada como base para o estudo foi construída a partir da definição síntese e inclusões importantes para servir ao objetivo deste trabalho. Sendo assim, a definição de trabalho complementa e promove maior representatividade à definição síntese que se baseia apenas na frequência absoluta dos termos mais citados nas definições levantadas por meio da revisão bibliográfica exploratória.

2.2.2 Fase 2: Elaboração do Modelo de Maturidade Teórico de Produção mais Limpa

Esta fase busca estabelecer a versão teórica do Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa com base no método de elaboração de modelos de maturidade proposto por Maier et al. (2010), revisão sistemática de práticas, técnicas e ferramentas de Produção mais Limpa, e avaliação de especialistas.

O método proposto por Maier et al. (2010) consiste em quatro fases: planejamento, desenvolvimento, avaliação e manutenção (Figura 4).

Figura 4 – Fases de desenvolvimento do modelo de maturidade

Fonte: Maier et al. (2010)

A primeira fase (Fase 1 – Planejamento) consiste na definição do público alvo, objetivos, escopo e fatores críticos de sucesso.

A especificação de todas as partes interessadas no trabalho é o primeiro passo para o desenvolvimento do modelo de maturidade. As partes interessadas devem também ser especificadas quanto à sua relação com o modelo, como por exemplo, quais serão os usuários finais e quais participarão do processo de construção.

A definição do objetivo do modelo pode ser dividida em duas categorias. Uma delas é a categoria analítica que busca evidências para determinar quais melhorias são necessárias e se uma iniciativa de melhoria foi bem sucedida. Essa categoria inclui filosofias de gestão que são princípios gerais aplicáveis em quase todos os contextos. A outra categoria é o benchmarking que depende da identificação de melhores práticas e uma organização com alto nível de maturidade nas quais as práticas são comparadas. Ambas as categorias levam a uma estratégia baseada em medição, ou seja, os processos são mensurados e comparados com os objetivos estabelecidos, visando identificar oportunidades de melhoria.

Um escopo para o modelo de maturidade deve ser determinado. Dessa forma, a seguinte pergunta deve ser respondida e especificada: O modelo é genérico ou aplicado a um contexto específico?

A última etapa dentro da Fase 1 é a definição de critérios para avaliar o sucesso do modelo. Os critérios de sucesso devem ser determinados no início do desenvolvimento do modelo e serem expressos na forma de requisitos específicos e de alto nível. Sendo assim, a lista de requisitos devem refletir os objetivos do modelo considerados pelo autor. Esses requisitos podem ser a usabilidade e utilidade do modelo. A usabilidade consiste em identificar o grau que os usuários compreendem a linguagem e conceitos utilizados, enquanto que a utilidade busca entender se a organização achou o modelo útil para estimular aprendizado e direcionamento para definir planos efetivos para melhorias em determinadas situações.

A segunda fase (Fase 2 – Desenvolvimento) define a arquitetura do modelo de maturidade. A arquitetura do modelo permite o estabelecimento e descrição dos níveis de maturidade, conteúdo de cada nível de maturidade e qual o mecanismo de gestão será utilizado.

Os níveis de maturidade devem ser distintos, bem definidos e apresentar uma sequência lógica de progressão para fácil interpretação dos resultados. A escala de maturidade define essencialmente os pontos de avanço para mudança ou avanço organizacional.

A identificação e descrição do conteúdo ao longo dos níveis de maturidade é um dos elementos mais importantes do modelo de maturidade. As descrições devem ser precisas, concisas e claras para expressar a discriminação entre os níveis. Dessa forma, se faz necessário definir se esse conteúdo é prescritivo ou descritivo; justificar a fonte da informação e definir o mecanismo para a formulação das descrições.

A última etapa da Fase 2 é a determinação dos mecanismos de administração sobre como será conduzida a avaliação do nível de maturidade da organização por meio do uso do modelo. Os mecanismos se dividem em dois grupos:

- i. foco em processos (aumento da conscientização): pode ser realizada por meio de avaliações individuais e posterior discussão em grupo para identificação de pontos de melhoria.
- ii. foco no resultado final (benchmarking): as avaliações são realizadas de forma individual, recebidas e consolidadas em uma pontuação geral da organização.

A terceira fase (Fase 3 – Avaliação) é realizada para validar, obter feedback e identificar oportunidades de melhoria para o modelo. Idealmente as avaliações devem ser

realizadas por empresas ou instituições independentes. A validação inclui a checagem se a arquitetura, níveis de maturidade, áreas de processo e a descrição de suas intersecções fazem sentido de acordo com o tema abordado no modelo. Dessa forma, é necessário se obter evidências sobre a correspondência da proposta do autor com a percepção dos participantes do processo de avaliação.

Em termos de verificação, o modelo deve ser avaliado sobre os critérios de sucesso e requisitos definidos na Fase 1.

A quarta e última fase (Fase 4 – Manutenção) corresponde à atualização contínua do modelo com relação a sua atualidade, perante a evolução dos conceitos utilizados e o contexto no qual a organização está inserida. Dessa forma, se faz necessário a avaliação do modelo perante a evolução dos conceitos os quais ele aborda e realização de ajustes caso necessário, a realização de nova avaliação do modelo caso mudanças sejam incorporadas e por último, deve ser realizada a documentação e comunicação do processo de desenvolvimento e resultados para as partes interessadas, incluindo os usuários finais.

Com base neste método e considerando o escopo deste trabalho (Figura 1), Neste estudo, o desenvolvimento do modelo de maturidade considera as Fases 1 - Planejamento, 2 Desenvolvimento e 3 Validação do modelo (parcialmente). Para a Fase 3 “Validação do modelo”, apenas a etapa de verificação é considerada, conforme o escopo definido para este trabalho (Ver seção 3.2.4). A Fase 4 (Manutenção) da metodologia não está considerada pois ocorre posteriormente a implantação do modelo, sendo que o escopo deste estudo se limita a proposição e verificação do Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa.

2.2.2.1 Sistematização e classificação das práticas, técnicas e ferramentas de Produção mais Limpa

A sistematização das práticas, ferramentas e técnicas de Produção mais Limpa foi realizada por meio de uma revisão bibliográfica sistemática. A revisão bibliográfica sistemática é um método científico para busca e análise de artigos de uma determinada área da ciência (CONFORTO; AMARAL; SILVA, 2001).

De forma contrária ao processo usual de revisão bibliográfica que é realizado por meio de uma busca aleatória sempre que necessário realizar uma investigação sobre um determinado assunto, a revisão sistemática segue uma sequência de etapas metodológicas bem definidas e rigorosas de acordo com um protocolo desenvolvido previamente. Esta revisão é realizada em torno de um tema central, que é expresso por meio da utilização de conceitos

específicos, e necessita ser endereçada com base em uma pergunta específica, pré-definida, focada e estruturada (BIOLCHINI et. al, 2005).

Neste trabalho, a revisão bibliográfica sistemática (RBS) foi realizada com objetivo de identificar as práticas, ferramentas e técnicas de P+L descritas na literatura. A RBS foi realizada com base no método voltado para área de gestão de operações desenvolvido por Conforto, Amaral e Silva (2001). Esse método possui 15 etapas distribuídas em 3 fases as quais foram seguidas para desenvolvimento da RBS (Figura 5):

Figura 5 – Etapas e fases da RBS

Fonte: Conforto, Amaral e Silva (2001)

As práticas, técnicas e ferramentas de P+L levantadas por meio da revisão bibliográfica sistemática foram classificadas utilizando-se as definições presentes no Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK® - 4ª Edição) do *Project Management Institute* (PMI, 2008).

O Guia PMBOK® - 4ª Edição é um padrão formal que descreve normas, métodos, processos e práticas estabelecidas para o gerenciamento de projetos. Este Guia é reconhecido mundialmente e amplamente adotado de forma que vem se tornando o modelo de gerenciamento de projetos de organizações como empresas e governos (PMI, 2017).

Dessa forma, considerando que esta pesquisa visa identificar práticas, técnicas e ferramentas que possam ser utilizadas para implantar a Produção mais Limpa nas organizações, optou-se pela utilização das definições de práticas, técnicas e ferramentas contidas no Guia PMBOK® - 4ª Edição, visando estabelecer uma linguagem comum entre os termos utilizados na pesquisa e um padrão amplamente adotado mundialmente.

De acordo com o PMI (2008), uma prática é definida como “um tipo específico de atividade profissional ou de gestão que contribui para a execução de um processo e que emprega uma ou mais técnicas e ferramentas”. Técnicas são definidas como “um determinado procedimento sistemático empregado por um recurso humano para desenvolver uma atividade para produzir um produto ou resultado ou entregar um serviço, e que pode empregar uma ou mais ferramentas”. Ferramenta, por sua vez, é definida como “algo tangível, como um modelo de um programa de software, utilizado para desenvolver uma atividade para produzir um produto ou resultado” (PMI, 2008).

As práticas, técnicas e ferramentas identificadas foram registradas em um formulário padrão contendo a sua classificação, nome, descrição e referência. Na sequência, foram comparadas com relação a sua descrição e objetivo para evitar a ocorrência de duplicidade. As práticas, técnicas e ferramentas equivalentes foram agrupadas em uma nomenclatura única e posteriormente codificadas para fácil identificação e consulta por parte dos futuros usuários deste trabalho (Apêndice A e B).

2.2.2.2 Desenvolvimento dos níveis de maturidade em Produção mais Limpa

Nesta etapa, a forma com a qual as empresas evoluem em Produção mais Limpa e as dimensões envolvidas foram exploradas. O método aplicado nesta etapa foi a revisão bibliográfica exploratória focada em trabalhos que descrevem os níveis de aplicação de Produção mais Limpa nas empresas e Modelos de Maturidade. As principais atividades realizadas foram:

- Identificação e seleção das dimensões que influenciam a implantação da Produção mais Limpa
- Definição e descrição dos níveis de maturidade de Produção mais Limpa com base nas dimensões para implantação de P+L

2.2.2.3 Desenvolvimento de um método para apoiar a aplicação do Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa

Esta etapa visou o desenvolvimento de um método para melhoria contínua com objetivo de guiar e apoiar a aplicação do Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa nas empresas. As principais atividades realizadas foram:

- Realização de uma revisão da literatura sobre as metodologias de Produção mais Limpa;

- Definição e descrição do método de aplicação para o Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa.

2.2.2.4 Consolidação da versão teórica do Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa

Os resultados das etapas anteriores desta fase (Fase 2) foram consolidados nesta etapa. Dessa forma, o Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa foi desenvolvido por meio do estabelecimento da relação entre as práticas, técnicas e ferramentas, os estágios de maturidade e o método de aplicação. As principais atividades realizadas foram:

- Classificação das práticas, técnicas e ferramentas de Produção mais Limpa (2.2.1) nos níveis de maturidade descritos para o modelo (2.2.3)
- Elaboração de uma descrição do Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa

2.2.2.5 Melhorias do modelo por meio da avaliação de especialistas

A versão inicial do modelo foi submetida para avaliação de um especialista acadêmico e dez especialistas da indústria. Foram considerados dez especialistas da indústria, pois o modelo é voltado, principalmente, para a aplicação em empresas. O critério de seleção do especialista acadêmico que avaliou o modelo é a experiência e desenvolvimento de trabalhos relacionados à Produção mais Limpa. Os especialistas da indústria foram selecionados identificando-se uma empresa que possua iniciativas ou programa de Produção mais Limpa implantada e outra que não possua programa implantado, mas tenha interesse em implantar no futuro. Para isso, a avaliação de especialistas foi obtida por meio de contato prévio, envio prévio do modelo de maturidade e um questionário pré-definido (Quadro 4) com base nos critérios de sucesso definidos para o modelo e entrevista presencial ou telefônica com base no questionário. O questionário é composto de perguntas abertas. Sendo assim, a consulta aos especialistas se constitui em uma forma de avaliação qualitativa dos resultados deste trabalho, não envolvendo tratamentos estatísticos, mas sim avaliação da aplicabilidade e cumprimento dos objetivos do modelo segundo a avaliação de especialistas e potenciais usuários.

Com base no estudo desenvolvido por Maier et. al (2010), os critérios de sucesso do modelo são a usabilidade, utilidade, abrangência, aderência e sequenciamento lógico das etapas.

A usabilidade buscará identificar em que grau os usuários compreendem a linguagem e os conceitos descritos no modelo. A utilidade busca entender se o modelo se faz útil para a auto avaliação e desenvolvimento de planos efetivos para melhoria da empresa na implantação de P+L. A abrangência considera se o modelo contempla todas as práticas, ferramentas e técnicas disponíveis mais relevantes para implantação da P+L. A aderência visa identificar se as áreas de processo definidas e níveis de maturidade refletem o estado da arte atual com relação a P+L. Também visa identificar se as práticas estão correlacionadas corretamente com as áreas de processo e níveis de maturidade. Por último, tem como objetivo também avaliar se as ferramentas e técnicas descritas estão classificadas em acordo com as práticas identificadas.

O sequenciamento lógico busca avaliar se a descrição dos níveis de maturidade, práticas, ferramentas e técnicas estão organizadas de acordo com uma evolução progressiva em direção a excelência.

Quadro 4 – Questionário para avaliação do Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa

Critérios de sucesso	Perguntas
Usabilidade	<ul style="list-style-type: none"> • Os conceitos e definições utilizadas no modelo são claros para compreensão dos usuários? • Existem termos ou definições que não estão claros? Se sim, quais?
Utilidade	<ul style="list-style-type: none"> • As práticas de gestão descritas no modelo auxiliam na auto avaliação do nível de maturidade e direcionamento da organização na busca da melhoria contínua em Produção mais Limpa? • A representação do modelo de maturidade é de fácil utilização e entendimento por parte das áreas relacionadas com a sua implantação e alta liderança? • O método de aplicação do modelo é claro e possui os elementos para direcionar o uso do modelo de maturidade de forma contínua nas empresas?
Abrangência	<ul style="list-style-type: none"> • O modelo de maturidade contempla as principais práticas de Produção mais Limpa?
Aderência	<ul style="list-style-type: none"> • As práticas descritas estão aderentes com o respectivo nível de maturidade?
Sequenciamento lógico	<ul style="list-style-type: none"> • O sequenciamento dos estágios de maturidade representa a evolução progressiva real da adoção da Produção mais Limpa em uma empresa? • É possível distinguir de forma clara a diferença entre os estágios de maturidade?

Fonte: Autoria própria

As considerações levantadas por meio da consulta ao especialista acadêmico e especialistas da indústria foram utilizadas para melhorar o modelo de maturidade inicialmente proposto e construir a versão final do Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa.

Esta seção apresentou os métodos utilizados para a condução das duas fases propostas para o desenvolvimento do Modelo de Maturidade Teórico de Produção mais Limpa. Na sequência, os próximos capítulos apresentam os resultados obtidos para cada uma das fases desenvolvidas neste trabalho.

A próxima seção (Seção 3) apresenta os resultados da revisão bibliográfica da literatura conduzida sobre Produção mais Limpa e Modelos de Maturidade e análise semântica das definições de Produção mais Limpa (Fase 1), temas chave para o presente estudo. A Seção 4 apresenta os resultados da elaboração do Modelo de Maturidade Teórico de Produção mais Limpa e a Seção 5 expõe as conclusões e considerações finais do trabalho.

3. REVISÃO DA LITERATURA E ANÁLISE SEMÂNTICA DAS DEFINIÇÕES DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA

Este capítulo apresenta os resultados da revisão bibliográfica exploratória sobre Produção mais Limpa e Modelos de Maturidade realizada na Fase 1 deste trabalho com objetivo de levantar o referencial teórico sobre os principais temas abordados (Produção mais Limpa e Modelos de Maturidade) e definir o conceito de Produção mais Limpa que será utilizado como base para o desenvolvimento deste trabalho. O capítulo é dividido em três tópicos: 3.1 Produção mais Limpa, 3.2 Modelos de Maturidade e 3.3 Análise semântica e estabelecimento da definição de trabalho de Produção mais Limpa.

3.1 Produção mais Limpa

As abordagens e conceitos de gestão ambiental apresentaram uma evolução progressiva ao longo dos anos até culminarem em estratégias preventivas como a Produção mais Limpa. Inicialmente, a abordagem passiva considerava a simples diluição, dispersão ou acondicionamento como solução para os poluentes gerados pelas atividades industriais. Por volta dos anos 1960, em decorrência da falta de efetividade da abordagem passiva e início do surgimento de regulamentações sobre o tema, uma abordagem reativa para a gestão ambiental, conhecida como soluções de fim de tubo, passou a considerar a instalação de equipamentos de controle de poluição nas indústrias. Por fim, nos anos 1980, essa evolução culminou na abordagem preventiva, baseada no conceito de Produção mais limpa, visando à redução de emissões na fonte e os custos associados. (VAN BERKEL, 2002; HILSON, 2003; HAUSCHILD et al., 2005; KHALILI et al., 2015).

A produção mais limpa é uma abordagem de gestão ambiental preventiva que busca reduzir a poluição na fonte, enquanto as tecnologias de fim de tubo restringem as emissões de poluentes por meio da implementação de equipamentos de controle (FRONDEL et al., 2007).

A Quadro 5 apresenta as diferenças entre a produção mais limpa e as tecnologias de fim de tubo.

Quadro 5 – Diferenças entre tecnologias de fim de tubo e Produção mais Limpa.

Tecnologia de fim de tubo	Produção mais limpa
Como é possível tratar os resíduos e as emissões existentes?	De onde vêm os resíduos e as emissões?
Pretende reação	Pretende ação
Leva a custos adicionais	Ajuda a reduzir custos
Os resíduos, efluentes e as emissões são limitados através de filtros e unidades de tratamento: soluções de fim de tubo, tecnologia de reparo e armazenagem de resíduos	Prevenção da geração de resíduos, efluentes e emissões na fonte o que evita processos e materiais potencialmente tóxicos.
A proteção ambiental foi introduzida depois que os produtos e processos foram desenvolvidos	A proteção ambiental é uma parte integrante do design do produto e da engenharia de processo
Os problemas ambientais são resolvidos a partir de um ponto de vista tecnológico	Resolvem-se os problemas ambientais em todos os níveis e envolvendo a todos
Proteção ambiental é um assunto para especialistas competentes, que são trazidos de fora e aumentam o consumo de material e energia	Proteção ambiental é tarefa de todos, pois é uma inovação desenvolvida dentro da empresa e com isto reduz o consumo de material e energia
Complexidade dos processos e os riscos são aumentados	Os riscos são reduzidos e a transparência é aumentada
Proteção ambiental focada no cumprimento de prescrições legais. É o resultado de um paradigma de produção que data de um tempo em que os problemas ambientais ainda não eram conhecidos	É uma abordagem que cria técnicas e tecnologias de produção para o desenvolvimento sustentável

Fonte: Senai-RS (2013)

A consideração da Produção mais Limpa como uma abordagem preventiva pode levar a confundi-la com o termo Prevenção da Poluição, utilizados por pesquisadores da América do Norte como sinônimo de P+L (HILSON, 2003). A UNEP (1996) também afirma que o conceito de Produção mais Limpa é muitas vezes utilizado como sinônimo do conceito de Prevenção da Poluição (P2).

Conforme elucidado por Van Berkel (2000), as abordagens preventivas anteriores como minimização de resíduos, prevenção da poluição, e redução do uso de substâncias tóxicas tendiam a focar apenas em um impacto ambiental específico como resíduos perigosos, substâncias tóxicas e poluição.

A Prevenção da Poluição é definida como redução de resíduos na fonte, incluindo práticas de conservação natural de recursos, por redução ou eliminação de poluentes por meio do aumento da eficiência no uso de matérias primas, energia, água e terra (USEPA, 1998).

Silva et al. (2013) comenta que, enquanto ambos os termos enfatizam a gestão ambiental por meio da redução na fonte ao invés do controle da poluição, diversas diferenças podem ser apontadas:

- P+L enfatiza mudanças em uma ampla gama de elementos de gestão ambiental, enquanto que a prevenção da poluição é principalmente usada para descrever melhorias ambientais resultantes somente de mudanças tecnológicas;
- A P+L é mais abrangente que a P2, pois engloba os processos produtivos e procedimentos de gestão, assim como as dimensões humanas e organizacionais da gestão ambiental visando incluir todo o ciclo de vida do produto;
- A P+L também é aplicada a serviços e não somente a processos e produtos.

A abordagem preventiva explicita a meta de reduzir os impactos ambientais considerando uma visão holística dos processos, considerando a inclusão do ciclo de vida dos produtos e os impactos gerados na cadeia de valor das empresas. A P+L enfatiza o avanço contínuo nas melhorias de processos, produtos, plantas industriais e serviços, enquanto que a prevenção da poluição tem sido continuamente utilizada para descrever melhorias ambientais resultantes de um conjunto de mudanças tecnológicas (HILSON, 2003).

Dessa forma, a P+L considera uma abordagem mais completa, integrada e sistemática ao mesmo tempo em que inclui mudanças em todos os aspectos organizacionais relacionados a produtos, processos e sua definição reflete a busca pela melhoria contínua (SILVA et. al, 2013).

A revisão bibliográfica exploratória identificou 15 definições de Produção mais Limpa, considerando o período compreendido entre os anos de 1995 e 2016. As definições encontram-se listadas na Quadro 6.

Quadro 6. Definições de Produção mais Limpa encontradas na literatura (continua).

Autores	Definições de P+L
UNEP (1994)	Aplicação contínua de estratégias ambientais preventivas e integradas aos processos, produtos e serviços com o objetivo de aumentar a eficiência global e reduzir riscos para o homem e o meio ambiente.
Christie et al. (1995)	Uma abordagem para processos industriais e concepção de produto que permite progressos em direção a metas de redução de desperdícios nas entradas de materiais e energia, e minimização dos impactos ambientais não apenas dentro da planta de produção mas em todos os processos de concepção, produção, distribuição, consume e disposição.
Fresner (1998)	Uma estratégia preventiva para minimizar o impacto da produção e produtos no meio ambiente
Frijins and Van Vliet (1999)	Esforços para tornar os processos de produção eficientes em termos energéticos, utilizar menos recursos e reutilizar materiais descartados, reduzindo não apenas os impactos ambientais, mas também os custos.
Hillary and Thorsen (1999)	Desenvolvimento de processos e produtos industriais com o objetivo de reduzir os desperdícios, minimizando riscos ao meio ambiente e fazendo uso eficiente de recursos e matérias-primas.
Vickers and Cordey-Hayes (1999)	Uma abordagem em direção a minimização dos efeitos ambientais da produção e do consumo, utilizando tecnologias integradas de produção com baixas emissões desenhadas para minimizar resíduos e poluição na fonte, e que inclui sistemas de gestão ambiental, auditorias ambientais e avaliação do ciclo de vida de produtos.
Wang (1999)	A conservação das matérias primas e energia, eliminação de substâncias químicas tóxicas e reduções na quantidade e toxicidade de emissões e resíduos gerados durante a produção

Quadro 6. Definições de Produção mais Limpa encontradas na literatura (continua).

Autores	Definições de P+L
Cetesb (2002)	A aplicação contínua de uma estratégia econômica, ambiental e tecnológica, integrada aos processos, produtos e serviços para aumentar a eficiência no uso de matérias primas, águas e energia através da não geração, diminuição ou reciclagem de resíduos gerados, com benefícios ambientais e econômicos.
Gavin and Vishal (2002)	Nível superior de desempenho ambiental, o qual somente pode ser atingido por meio de estratégia e limpeza de organização, controle de ruído de processos, otimização do layout de plantas industriais e implantação de técnicas eficientes de gestão
Howgrave-Graham and van Berkel (2007)	Uma série de práticas operacionais que visam o uso eficiente de materiais e energia, reduzindo impactos ambientais e gerando benefícios econômicos.
Tseng et al. (2009)	A aplicação contínua de uma estratégia ambiental integrada e preventiva envolvendo os processos de negócios, produtos e serviços.
Staniskis (2011)	Desenvolvimento e implementação de inovações preventivas para maximizar o uso eficiente de matérias-primas, energias e água e minimizar a produção de resíduos e materiais nocivos. Baseia-se no princípio de precaução, prevenção e integração
Silva et al. (2013)	Abordagem integrada e sistematizada que busca promover a eficiência na produção, gestão ambiental e desenvolvimento humano, incluindo mudanças em todos os aspectos organizacionais relacionados à produção e ao processo, buscando sempre a melhoria contínua.

Quadro 6. Definições de Produção mais Limpa encontradas na literatura (conclusão).

Autores	Definições de P+L
Van hoof (2014)	Uso eficiente de matérias-primas, energia e água, mudando a gestão, procedimentos operacionais, reciclando resíduos e usando tecnologias mais limpas.
Vieira and Amaral (2016)	A Produção mais Limpa é um processo de melhoria contínua que visa o uso eficiente dos recursos naturais evitando impactos ambientais de processos, produtos ou serviços, gerando benefícios econômicos e mudanças organizacionais..

A aplicação da Produção mais Limpa tem permitido que as empresas melhorem a eficiência de suas operações e reduzam custos e impactos ambientais. Ao longo dos anos, muitas iniciativas de Produção mais Limpa realizadas em diversos setores tem indicado resultados positivos na melhoria da eficiência das organizações (HILSON, 2003; ZENG et al., 2010; SILVA et al., 2013). Dessa forma, a Produção mais Limpa tem tornado possível o estabelecimento de sistemas de gestão ambiental mais robustos, alta produtividade, aumento de receitas e aumento de participação no mercado (KHALILI et al., 2015). A Produção mais Limpa também é considerada um dos pilares para pavimentar o caminho para o desenvolvimento sustentável, uma vez que, além do pilar ambiental, o seu conceito pode ser expandido para os pilares social e econômico (KHALILI et al., 2015; VIEIRA; AMARAL et al., 2016).

Dessa forma, a Produção mais Limpa é uma estratégia que apresenta um grande potencial ainda a ser explorado (VIEIRA; AMARAL, 2016). O aproveitamento pleno desse potencial poderá ser alcançado uma vez que algumas barreiras para sua disseminação forem superadas. A próxima seção (3.1.1) apresenta as principais barreiras para a disseminação e implantação da Produção mais Limpa e também discorre sobre as barreiras específicas que este estudo visa apresentar uma contribuição para superar.

3.1.1 Barreiras para implantação da Produção mais Limpa

Apesar dos benefícios econômicos, ambientais e sociais, algumas barreiras tem dificultado a implantação da Produção mais Limpa nas organizações. Essas barreiras podem ser divididas em barreiras internas (relacionadas a fatores internos das organizações) e externas (relacionadas a fatores externos às organizações mas que influenciam a sua atuação) (VIEIRA; AMARAL, 2016). As barreiras podem ainda ser classificadas em barreiras econômicas, sistêmicas, organizacionais, técnicas, comportamentais e governamentais (UNEP, 2002).

As barreiras internas identificadas na literatura estão relacionadas à falta de engajamento, treinamento e motivação dos funcionários, falta de sistematização e continuidade dos programas de Produção mais Limpa, falta de integração entre departamentos, falta de apoio da alta liderança e resistência a mudanças.

Uma das grandes barreiras para efetividade da Produção mais Limpa é a sua falta de integração com os chamados fatores humanos (fatores não técnicos ou organizacionais) (SATURNINO; JABBOUR, 2010). Dentro desse contexto, a falta de treinamento e engajamento dos funcionários, falta de apoio da alta liderança e resistência a mudanças, elencadas por diversos autores configuram-se em fatores que em muitos casos podem prejudicar o sucesso da implantação de um programa de Produção mais Limpa (STONE, 2000; UNEP, 2002; CALLIA et al., 2009, SATURNINO; JABBOUR, 2010; MURILLO-LUNA et al., 2011; VIEIRA; AMARAL, 2016). Murillo-Luna et al. (2011), por exemplo, apontam como barreiras internas e organizacionais a motivação e preparação ambiental limitada dos funcionários, gestão inadequada da alta liderança, falta de envolvimento de funcionários, sistemas de comunicação precários e inércia operacional.

A falta de treinamento e engajamento dos funcionários é uma barreira de grande relevância (SATURNINO; JABBOUR, 2010), pois a implantação da Produção mais Limpa requer conhecimento, comprometimento habilidades e novas atitudes para garantir que as estratégias ambientais preventivas estejam integradas nas atividades do dia a dia em toda a empresa (UNNIKRISHNAN; HEGDE, 2007). O treinamento também atua para aumentar a conscientização e engajamento dos funcionários, sendo que ao comunicar o direcionamento da empresa e práticas a serem adotadas, transmite motivação para implantação da Produção mais Limpa aos funcionários (HILSON; NAYEE, 2002; FERNÁNDEZ et al., 2003).

As deficiências no engajamento e treinamento de funcionários também se somam a falta de integração entre departamentos, dado que estes programas são, em muitos casos, implantados exclusivamente pelos departamentos de meio ambiente que não possui autonomia e expertise necessárias para aplicar P+L na empresa como um todo (WANG, 1999). Dessa forma, a falta de integração e comunicação entre os departamentos se configura como um dos fatores limitantes para a implantação da P+L nas organizações (VIEIRA; AMARAL, 2016). O treinamento de funcionários de todos os departamentos é uma das formas de promover a integração entre departamentos e deve ser considerado como um importante fator de sucesso na implantação da Produção mais Limpa (GOVINDARAJULU; DAILY, 2004; UNNIKRISHNAN; HEGDE, 2007).

Uma das maiores forças para a implantação da Produção mais Limpa nas organizações é o comprometimento da alta liderança (SATURNINO; JABBOUR, 2010). A falta de comprometimento da alta liderança dificulta a difusão da Produção mais Limpa dentro da empresa, integração das questões ambientais nas estratégias de negócio e, consequentemente, impacta na motivação e engajamento dos funcionários que são fundamentais para que a

implantação da P+L seja realizada na prática (ZUTSHI; SOHAL, 2004; SATURNINO; JABBOUR, 2010).

Outra barreira identificada está relacionada com o fato de que a gestão e a implantação dos programas de P+L raramente acontecem de forma sistemática devido à falta de padrões ou um sistema formal para definir princípios e processos de implementação, o que dificulta o alcance dos resultados desejados (WANG, 1999, CALIA; GUERRINI, 2006, SILVA et al., 2013). O fato da Produção Mais Limpa ser vista como uma ferramenta isolada de gestão empresarial dificulta sua integração no sistema operacional das empresas (CALIA; GUERRINI, 2006). Adicionalmente, a falta de continuidade para os programas de P+L, que são implantados, mas não são monitorados, revisados ou estendidos (WANG, 1999) pode levar ao descontentamento dos funcionários (SATURNINO; JABBOUR, 2010) e falta de interesse em novos esforços (KALAVAPUDI, 1995).

As barreiras externas identificadas na literatura estão relacionadas à falta de incentivos financeiros, foco das regulamentações nos controles de “Fim de tubo” ao invés de Produção mais Limpa, falta de educação e pressão da sociedade para prevenção da poluição.

A necessidade de captação de financiamento externo para a implantação da Produção mais Limpa e falta de incentivos financeiros e fiscais para esta captação dificulta a priorização da adoção desta estratégia preventiva (ZHANG, 2000; UNEP, 2002; SILVA et al., 2013). A falta de conscientização e preocupação em relação às questões ambientais acabam interferindo também na adoção da Produção mais Limpa pelas empresas (ZHANG, 2000; VIEIRA; AMARAL, 2016). Isso pode ser atribuído à falta de percepção das pessoas em relação aos riscos ou veracidade referente às alterações ambientais que tem ocorrido devido à poluição (DANIHELKA, 2004; VIEIRA; AMARAL, 2016).

As regulamentações focam nos controles de “Fim de tubo” ao invés da adoção de estratégias ambientais preventivas (STANISKIS, 2011; SILVA et al., 2013). Este fato pode ser atribuído ao estabelecimento de limites máximos permitidos para emissões poluentes nas regulamentações atuais e falta de estímulo para evitá-los (DIELEMAN, 2007).

Por meio de uma revisão bibliográfica sistemática, Vieira e Amaral (2016) resumem que as barreiras de implantação de P+L estão associadas à cultura, políticas, metodologias adotadas, educação e falta de pressão social.

A Quadro 7 apresenta uma síntese das barreiras para disseminação e implantação da Produção mais Limpa classificadas com base em Vieira e Amaral (2016) e UNEP (2002).

Quadro 7 – Barreiras para implantação da produção mais limpa.

Tipo de barreira	Barreiras Internas	Barreiras Externas
Econômica	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de custos ambientais nas análises de investimento (UNEP, 2002) • Planejamento inadequado dos investimentos (UNEP, 2002) 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de política com relação aos preços dos recursos naturais (UNEP, 2002) • Falta de incentivos financeiros e fiscais relativos ao desempenho ambiental (UNEP, 2002, VIEIRA; AMARAL, 2016)
Sistêmica	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de treinamento e engajamento dos funcionários (UNEP, 2002; MURILLO-LUNA et al., 2011; VIEIRA; AMARAL, 2016) • Falta de sistematização, integração, informações detalhadas de práticas, técnicas e ferramentas e continuidade dos programas de P+L (WANG, 1999; KALAVAPUDI, 1995; CAGNO et al., 2005; CALIA; GUERRINI, 2006; SILVA et al., 2013) 	-
Organizacional	<ul style="list-style-type: none"> • Ausência de motivação dos funcionários (KALAVAPUDI, 1995; UNEP, 2002; SATURNINO; JABBOUR, 2010) • Falta de motivação das empresas para implementar a Produção Mais Limpa (UNEP, 2002; CALIA; GUERRINI, 2006; MURILLO-LUNA et al., 2011) • Falta de cultura organizacional para P+L (VIEIRA; AMARAL, 2016) • Falta de integração e comunicação entre os departamentos (WANG, 1999; VIEIRA; AMARAL, 2016) 	-
Técnica	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de recursos necessários à coleta de dados (UNEP, 2002) • Recursos humanos limitados ou indisponíveis (UNEP, 2002) • Limitação ao acesso de informações técnicas (UNEP, 2002) • Limitação de tecnologia/Déficit tecnológico (UNEP, 2002) 	-
Comportamental	<ul style="list-style-type: none"> • Resistência às mudanças por parte das organizações (STONE, 2000; UNEP, 2002; CALLIA et al., 2009, NETO; JABBOUR, 2010) • Falta de apoio da alta liderança para implantação de P+L (UNEP, 2002; MOORS et al., 2005; CALIA; GUERRINI, 2006; NETO; JABBOUR, 2010; MURILLO-LUNA et al., 2011) 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de pressão da sociedade para a prevenção da poluição (UNEP, 2002, VIEIRA; AMARAL, 2016)
Governamental	-	<ul style="list-style-type: none"> • Foco das regulamentações nos controles de "Fim de tubo" (WANG, 1999; UNEP, 2002; VIEIRA; AMARAL, 2016) • Falta de educação em prevenção da poluição (VIEIRA; AMARAL, 2016)

Em estudo realizado para identificar as principais barreiras de Produção mais Limpa e indicar estratégias para superá-las, Vieira e Amaral (2016) descrevem que, de uma forma geral, para superar as barreiras para adoção da Produção mais Limpa é necessário promover a disseminação do conhecimento e buscar o comprometimento em toda a cadeia de valor (empresas, universidades, governos, comunidade), realizar uma mudança do foco das regulamentações de reativo (Fim de tubo) para preventivo (P+L), utilizar técnicas/ferramentas de contabilidade ambiental, formar lideranças de P+L nas organizações, realizar a integração de diferentes áreas de negócios e utilizar sistemas de gestão ambiental e reporte de informações.

Do ponto de vista interno, existe a oportunidade de desenvolver estudos que busquem apresentar formas para empresas incorporarem novas estratégias de gestão para P+L mais inovadoras e dinâmicas e baseadas na melhoria contínua (VIEIRA; AMARAL, 2016).

Dentro desse contexto, este estudo propõe um Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa composto de práticas, níveis de maturidade e método de aplicação visando contribuir para a superação das seguintes barreiras internas identificadas na revisão bibliográfica: Falta de sistematização, integração, informações detalhadas de práticas, técnicas e ferramentas e continuidade dos programas de P+L.

3.1.2 Dimensões de evolução na aplicação da Produção mais Limpa

A literatura apresenta diversas dimensões que podem ser segmentadas em níveis para determinar a evolução das empresas na implantação da Produção mais Limpa.

Três níveis para implantação e desenvolvimento de oportunidades de Produção mais Limpa são distinguidos pelo Centro de Nacional de Tecnologias Limpas SENAI-RS (2003) e diversos autores (MEDEIROS et al., 2007; OLIVEIRA, J.F.G.; ALVES, S.M., 2007; PIMENTA, H.C.D.; GOUVINHAS, R.P., 2012): Nível 1 – Redução na fonte, Nível 2 – Reciclagem interna e Nível 3 – Reciclagem externa.

O nível 1 refere-se às medidas prioritárias a serem perseguidas. Estas são medidas de modificação tanto no produto quanto no processo de produção. As mudanças no produto procuram alterar a composição, a durabilidade e os padrões de qualidade do produto, bem como o emprego de produtos substitutos. As modificações dos processos ajudam a reduzir a geração de resíduos pela simplificação dos processos. Pode-se, então, fazer uso de boas práticas de fabricação (*Housekeeping*). Com elas, busca-se estabelecer procedimentos administrativos e técnicos que possibilitem a minimização da produção de resíduos. Com relação às mudanças nas matérias-primas, a P+L age na eliminação ou redução de materiais tóxicos ou ecologicamente prejudiciais, na purificação do material de entrada do processo e na prevenção da geração de resíduos poluentes. Quanto às mudanças na tecnologia, procura-se adaptar os equipamentos e os processos, com o objetivo de reduzir ou eliminar a geração de resíduos. O nível 2 aborda a reciclagem interna, com a reintegração dos resíduos pela própria empresa, como matérias-primas com o propósito igual, diferente ou inferior ao uso original, com recuperação parcial dos componentes do produto. O nível 3, reciclagem externa, acontece com o reuso externamente pela empresa.

Hierarquias para os níveis de aplicação de Produção mais Limpa também foram estabelecidas em diversos manuais e estudos realizados. A Pollution Prevention Act (EUA, 1990) determinou 7 níveis de aplicação dispostos em forma de hierarquia (do nível mais baixo para o mais alto): 1-Disposição direta no meio ambiente, 2-Disposição ambientalmente segura, 3- Tratamento, 4-Reciclagem externa (fora da unidade ou planta), 5-Reciclagem interna na unidade ou planta, 6- Reciclagem interna no processo e 7-Redução na fonte.

Rigola (1998) e Cagno et al. (2005) determinam a seguinte hierarquia de aplicação (do nível mais baixo para o mais alto): 1-Disposição controlada, 2-Tratamento de fim de tubo, 3-Reciclagem ou reuso e 4-Eliminar ou reduzir na fonte.

O Centro de Nacional de Tecnologias Limpas SENAI-RS (2003) e Medeiros et al. (2007) distinguem também uma hierarquia para os níveis de aplicação de P+L, sendo do nível mais baixo para o mais alto de efetividade: 1-Dispor, 2-Tratar, 3-Reaproveitar, 4-Minimizar e 5-Evitar (Figura 6).

Figura 6 – Hierarquia de Produção mais Limpa

Fonte: Adaptado de Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI-RS (2001)

Tanto os níveis de aplicação como as hierarquias estabelecidas variam de autor para autor, porém são semelhantes com relação à ordenação do nível de aplicação de P+L mais baixo para o mais alto. Nota-se também que as hierarquias estabelecidas para os níveis de aplicação evoluem a partir de estratégias ambientais passivas (dispor) e reativas (tratar). Dessa forma, considerando a abordagem preventiva do conceito de Produção mais Limpa, os níveis hierárquicos são mais bem representados pelas estratégias de reciclar (externamente ou internamente), reduzir e evitar a geração na fonte.

Essa hierarquia também é suportada por estudos aplicados. Em estudo realizado para avaliar o impacto da Produção mais Limpa no desempenho dos negócios, Zheng et. al (2010) realizaram levantamento das principais práticas de P+L na China e posteriormente as classificaram em “baixo custo” e “alto custo”. O estudo indicou que as práticas de P+L de “baixo custo” apresentam uma contribuição maior para o desempenho financeiro se comparada às práticas de “alto custo”, pois trazem retornos financeiros imediatos sem requerer investimentos significativos. As práticas de “baixo custo” estão relacionadas com treinamento de funcionários, melhoria das condições de trabalho, estabelecimento de regras para P+L, estabelecimento da P+L como política contínua de longo prazo, aumento da reciclabilidade dos produtos e componentes e possibilidades de redução de uso de embalagens. As práticas de “alto custo” estão relacionadas com uso eficiente de energia e recursos, possibilidades de uso de energia limpa e seleção de matérias primas, aumento da durabilidade de produtos, aumento da proteção ambiental e consideração de questões ambientais no planejamento de processos de produção e produtos.

Segundo Dobes (2013), a introdução de práticas mais simples de P+L permite que as companhias vejam os potenciais de melhoria, tornando as pessoas propensas a explorá-las e obter resultados concretos das medidas de P+L implantadas.

Dessa forma, os resultados dos estudos acima demonstra que as práticas mais simples de ser implantadas estão relacionadas com os níveis de aplicação mais baixos (reciclar internamente e externamente) de P+L, enquanto aquelas mais complexas estão relacionadas com os níveis de aplicação mais altos (reduzir/evitar geração na fonte).

A literatura também apresenta níveis de evolução para uma das principais barreiras encontradas na implantação da Produção mais Limpa (Seção 3.1.1): Conhecimento, Conscientização ambiental e Integração entre departamentos.

Boks e Stevels (2007) definem três níveis conhecimento: 1-Relativamente sem conhecimento (soluções e compreensão genéricas), 2- Foi introduzido ao tema (soluções e conhecimento realizados especificamente para a indústria) e 3- Apresenta todos os procedimentos estabelecidos (soluções e conhecimentos realizados especificamente para processos e produtos).

Os autores estabelecem os níveis de conhecimento e conscientização ambiental a partir do nível de envolvimento de pessoas (internamente e externamente a companhia), nível de generalidade das soluções aplicadas na empresa e ferramentas de comunicação utilizadas (Quadro 8).

Quadro 8 – Níveis de conhecimento e conscientização ambiental

Dimensões	Nível 1	Nível 2	Nível 3
Pessoas envolvidas	Pessoal para nível de departamento	Departamento para nível de empresa	Empresa para cadeia de valor
Nível de generalidade das soluções aplicadas	Soluções e compreensão genéricas	Soluções e compreensão realizadas especificamente para a indústria	Soluções e compreensão realizadas especificamente para processos e produtos
Ferramentas de comunicação utilizadas	Princípios gerais e <i>slogans</i>	<i>Checklists</i> , manuais e exemplos de boas práticas	Ferramentas customizadas, banco de dados, incluindo informações e experiências internas e externas (cadeia de valor)

Fonte: Adaptado de Boks e Stevels (2007).

A Produção mais Limpa também apresenta estágios de evolução relacionados ao envolvimento e escopo de aplicação dentro e fora das empresas.

Conforme apresentado no Quadro 8, Boks e Stevels (2007) definem três níveis referentes ao escopo de aplicação da gestão ambiental: 1-pessoal para nível de departamento, 2-departamento para nível de empresa e 3 empresa para cadeia de valor.

Além disso, Van Berkel e Kampen (2001) propuseram três classificações para escopo de aplicação de práticas, técnicas e ferramentas de Produção mais Limpa: processo, produto e cadeia de valor. Esses estágios determinam que quanto mais madura a empresa estiver em termos de aplicação da Produção mais Limpa, maior será a sua esfera de abrangência e envolvimento, de forma a atingir partes interessadas externas.

Conforme apresentado na seção 3.1.1, a falta de sistematização dos programas de P+L é uma barreira citada por diversos autores (WANG, 1999; KALAVAPUDI, 1995; CAGNO et al., 2005; CALIA; GUERRINI, 2006; SILVA et al., 2013).

A literatura contempla diversos estudos que estabelecem níveis de sistematização ou estágios de evolução referente à gestão ambiental nas empresas.

Alakeson e Sherwin (2004) estabelecem quatro estágios: 1-Pontual, 2-Ad hoc, 3-Ferramentas e 4-Estratégia. Willard (2005) define cinco níveis de sistematização: 1-Pré-cumprimento de requisitos legais, 2-Cumprimento de requisitos legais, 3-Além do cumprimento de requisitos legais, 4-Integrado e Estratégico e 5- Propósito e Paixão. Murillo-Luna et al. (2011) define quatro níveis: 1-Estratégia passiva, 2- Atenção para estratégia referente a legislação, 3- Atenção às estratégias referentes às partes interessadas e 4-Estratégia de qualidade ambiental total.

Esses níveis evoluem a partir de processos pontuais ou sem foco no cumprimento legal, até processos integrados e sistematizados, indo além do cumprimento legal e tornando-se estratégicos para a organização. Além disso, também consideram a evolução na esfera de abrangência envolvimento das partes interessadas.

Dessa forma, a partir desta revisão bibliográfica foram identificadas quatro dimensões de evolução para aplicação da Produção mais Limpa que posteriormente serão utilizadas para definir e descrever os níveis de maturidade de Produção mais Limpa (seção 4.3):

- 1- Níveis e Hierarquia de Aplicação de Produção mais Limpa
- 2- Nível de engajamento e conhecimento em Produção mais Limpa
- 3- Escopo de aplicação de P+L
- 4- Níveis de sistematização

3.1.3 Metodologias de Produção mais Limpa

Diversos autores têm concebido metodologias de Produção mais Limpa em diversos níveis de detalhes. Essas metodologias se concentram na revisão dos processos de produção das empresas com o objetivo de identificar oportunidades para redução do consumo de recursos, substâncias perigosas e geração de resíduos (UNEP, 2001; SILVA et al., 2013; VIERA;AMARAL, 2016). Dessa forma, as metodologias de Produção mais Limpa visam estabelecer os passos necessários para a implantação de um programa de Produção mais Limpa nas organizações.

De uma forma geral, as seguintes etapas, seus respectivos objetivos e sub-etapas são propostos (UNEP, 1996; CETESB (2002), CNTL SENAI-RS (2003); STONE, 2006; SILVA et al., 2013):

1- Planejamento e Organização: Convencer a gerência e os funcionários da empresa sobre a necessidade de Produção mais Limpa.

- Obter comprometimento da gerência
- Estabelecer uma equipe de projeto
- Desenvolver política, objetivos e metas
- Planejar a avaliação de Produção mais Limpa

2- Pré-Avaliação: Selecionar o foco para a fase de avaliação

- Desenvolver uma descrição da companhia e um fluxograma
- Realizar inspeção em campo
- Determinar os focos

3- Avaliação: Desenvolver um conjunto amplo de oportunidades de Produção mais Limpa e identificar as oportunidades que possam ser implantadas imediatamente e as que necessitam de análises adicionais mais detalhadas.

- Coletar dados quantitativos
- Realizar balanço de materiais
- Identificar as oportunidades de Produção mais Limpa
- Registrar e selecionar as opções

4- Estudo de Viabilidade: Selecionar oportunidades de Produção mais Limpa para implantação

- Avaliação Preliminar
- Avaliação técnica
- Avaliação econômica
- Avaliação ambiental
- Selecionar as opções viáveis

5- Implantação: Implantar as oportunidades de Produção mais Limpa selecionadas e assegurar atividades que mantenham a produção mais limpa.

- Preparar o plano de implantação
- Implantar as oportunidades selecionadas
- Monitorar o desempenho
- Sustentar as atividades de Produção mais Limpa

Stone (2006), Khan (2008) e Stanisks (2011) propõem metodologias simples e baseadas nos estágios citados anteriormente, sem apresentar de forma precisa uma descrição de como e quais ferramentas podem ser utilizadas para a execução prática de cada estágio. Apesar disso, os dois primeiros citam a aplicação do ciclo PDCA (DEMING, 1986) como forma de aplicação da melhoria contínua por meio das metodologias de P+L.

Kubota e da Rosa (2013) desenvolveram uma metodologia diferenciada das demais identificadas na literatura por basear-se na teoria da resolução de problemas inventiva (TRIZ) que foca na geração de soluções inovadoras nos aspectos técnicos, econômicos e ambientais.

Uma análise das metodologias de P+L conduzida por Silva et al. (2013) demonstra que muitas delas não detalham as ferramentas e técnicas que podem ser utilizadas para implantar cada etapa de um programa de P+L. Segundo o autor, a comparação dessas metodologias apontam as seguintes deficiências:

- Todas as metodologias apresentam uma visão parcial para a implantação da P+L, pois focam nas etapas de avaliação e coleta de dados sem esclarecer tópicos como a estruturação do programa e papéis e responsabilidades.
- Existe falta de consenso sobre as terminologias utilizadas sendo que as mesmas fases são nomeadas de forma diferentes de acordo com a metodologia.

- A maioria das metodologias apenas descreve os passos e o seu objetivo específico, entretanto, um detalhamento e as ferramentas que podem ser aplicadas em cada etapa não são apresentados, contribuindo para o aumento de problemas na implantação da metodologia.

Silva et al. (2013) propôs uma nova metodologia de Produção mais Limpa, aperfeiçoada pela integração sistemática de ferramentas da qualidade, que auxilia na superação de problemas identificados nas metodologias disponíveis de P+L como falta de informações detalhadas, ferramentas e técnicas que possam ser aplicadas sistematicamente para atingir os resultados desejados.

A metodologia proposta por Silva et al. (2013) será utilizada como base para posterior classificação das práticas identificadas na revisão bibliográfica sistemática pelas seguintes razões:

- É mais abrangente do que as metodologias existentes que abordam a implantação da Produção mais Limpa com foco apenas na avaliação de oportunidades e coleta de dados (SILVA et al. 2013; VIEIRA et al. 2016)
- Baseia-se em um grande número de metodologias desenvolvidas previamente possibilitando a compilação dos pontos positivos de cada uma em uma metodologia única padrão.
- Incorpora o ciclo de melhoria contínua (ciclo PDCA) nas etapas da metodologia, estando alinhada com a proposta de evolução da maturidade de Produção mais Limpa em estágios sucessivos.
- Detalha os objetivos, práticas, técnicas e ferramentas para suportar a implantação de cada uma das etapas.

3.2 Modelos de Maturidade

Um modelo de maturidade é um quadro conceitual formado por etapas que descreve o desenvolvimento de uma área de interesse específica ao longo do tempo (KLIMKO, 2001). O modelo de maturidade descreve um processo no qual a organização pode desenvolver ou atingir algo desejável como um conjunto de capacidades ou práticas, resultando em uma organização mais madura (PMI, 2003), Segundo Maier et al. (2010), o maior valor de uma

avaliação de maturidade é a captura da percepção própria da empresa sobre sua situação corrente.

Os modelos de maturidade são utilizados para os três principais objetivos (PIGOSSO, ROZENFELD; MCALOONE, 2013):

- Avaliação das forças e fraquezas (avaliação “*as-is*”) - ferramentas descritiva
- Desenvolvimento de um plano para melhorias (avaliação “*to-be*”) - ferramenta prescritiva
- Avaliação da empresa, comparando-a com padrões e melhores práticas – ferramenta comparativa

Segundo a ABNT (2010), “a auto avaliação é uma análise crítica abrangente e sistemática de atividades e resultados de uma organização, referenciados a uma norma escolhida”. O plano de melhoria contínua desenvolvido por uma organização busca a o seu sucesso sustentado no tema abordado.

O sucesso sustentado de uma organização é alcançado através de sua habilidade em atender às necessidades e expectativas dos seus clientes e demais partes interessadas, a longo prazo e de forma equilibrada (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010)

Segundo a ABNT (2010), uma organização madura age de forma eficaz e eficiente e chega ao sucesso sustentado por meio de:

- Entendimento e satisfação das necessidades e expectativas das partes interessadas
- Monitoramento de mudanças do ambiente da organização
- Identificação de possíveis áreas de melhoria e inovação
- Definição e implantação de estratégias e políticas
- Definição e implantação de objetivos pertinentes
- Gerenciamento de seus processos e recursos
- Demonstração de confiança nas pessoas da organização, levando a uma maior motivação, comprometimento e envolvimento e
- Estabelecimento de relações mutuamente benéficas com fornecedores e outros parceiros.

Os modelos de maturidade apresentam geralmente passos de desenvolvimento simplificados distribuídos em um número limitado de níveis de maturidade (geralmente de 4 a

6), os quais são ordenados de forma sequencial e caracterizados pelos requisitos a serem cumpridos em cada etapa (KLIMKO, 2001). Tipicamente, os níveis mais altos de maturidade possuem requisitos mais rígidos que os níveis menores (MAIER et al., 2010). Segundo Maier, et al. (2012), os níveis precisam ser distintos, bem definidos, e mostrar progressão lógica com facilidade para interpretação de resultados. Para atingir um nível específico, a organização deve atingir todas as metas de um processo ou conjunto de processos que são definidos como objetivo de melhoria (CHRISSIS, KONRAD, SHRUM, 2003).

A aplicação dos níveis de maturidade é muito difundida em áreas como ciência cognitiva, negócios e engenharia (KOHLEGGGER et al., 2009; POPPELBUS; ROGLINGER, 2011).

Como exemplos de modelos de maturidade consolidados desenvolvidos para aplicação em negócios estão o Capability Maturity Model Integration (CMMI) (CHRISSIS et al., 2003) e o Organizational Project Management Maturity Model (OPM3) (PMI, 2003). A ABNT NBR ISO 9004:2010 também apresenta um modelo de maturidade para uso das empresas na melhoria dos processos de gestão (ABNT, 2010).

Outros modelos de maturidade foram desenvolvidos com foco em temas específicos como o Modelo EcoM2– Implantação de ecodesign nas empresas (PIGOSSO; ROZENFELD; MCALOONE, 2013), e Ferramenta de Avaliação do Grau de Maturidade em Sistema de Gestão Integrado (SGI) (POLTRONIERE, 2014). As seções seguintes descrevem cada um dos modelos de maturidade mencionados.

3.2.1 *Capability Maturity Model Integration (CMMI)*

No mercado existem diversos modelos de maturidade, normas, metodologias e guias que podem auxiliar as organizações em melhorar a maneira com que fazem negócios (CHRISSIS; KONRAD; SHRUM, 2003).

Os Capability maturity models (CMMs) focam na melhoria de processos em um organização. Eles possuem os elementos essenciais de efetividade de processos e descreve um caminho contínuo de evolução uma vez realizado a partir de processos “ad hoc”, imaturos para uma forma disciplinada, madura e com melhorias de qualidade e efetividade.

Desde 1991, os CMMs foram desenvolvidos individualmente para muitas áreas diferentes, como engenharia, engenharia de software, aquisição de software, gestão e desenvolvimento de pessoas e desenvolvimento integrado de produto e processo.

Apesar dos CMMs terem se apresentado úteis para muitas organizações, o uso de muitos modelos diferentes se tornaram limitantes para as empresas realizarem os seus esforços de melhoria. Além disso, a aplicação de muitos modelos diferentes em uma organização é custosa em termos de treinamento, avaliações e atividades de melhoria (CHRISSIS, KONRAD, SHRUM, 2003).

Dessa forma, surgiu o Capability Maturity Model Integration (CMMI) para integrar todos os modelos em uma única estrutura. O CMMI oferece uma oportunidade para evitar ou eliminar a falta de integração e barreiras através de modelos integrados que transcendem as diversas disciplinas (CHRISSIS; KONRAD; SHRUM, 2003).

O CMMI dispõe de duas formas de representações para modelos de maturidade: contínua e estágios (CHRISSIS; KONRAD; SHRUM, 2003). A representação contínua oferece uma abordagem flexível para melhoria de áreas de processos, sendo que uma organização pode escolher melhorar uma área específica ou diversas áreas que estão alinhadas com o seu objetivo de negócio. A representação por estágios oferece uma abordagem sistemática e estruturada para melhorar uma área um estágio de cada vez. As duas representações estão associadas com dois tipos de caminhos de diferentes (CHRISSIS; KONRAD; SHRUM, 2003) (Quadro 9).

Quadro 9 – Níveis de Capacidade e Maturidade do Modelo CMMI.

Níveis	Representação Contínua Níveis de Capacidade	Representação em Estágios Níveis de Maturidade
Nível 0	Incompleto	N/A
Nível 1	Executado	Inicial
Nível 2	Gerenciado	Gerenciado
Nível 3	Definido	Definido
Nível 4	Gerenciado quantitativamente	Gerenciado quantitativamente
Nível 5	Em otimização	Em otimização

Fonte: Chrissis, Konrad e Shrum (2003).

A última versão do CMMI (CMMI – DEV) é composta por 22 áreas de processos. As áreas de processos são um conjunto de práticas que se implantadas cumprem um conjunto de metas para melhorias. O CMMI também apresenta metas e práticas genéricas e específicas que guiam a implantação de melhorias (CARNEGIE MELLON INSTITUTE, 2006).

3.2.2 Organizational Project Management Maturity Model (OPM3)

Criado em 1998, o Organizational Project Management Maturity Model (OPM3) busca auxiliar as organizações a transformarem as estratégias em resultados de sucesso de forma consistente e previsíveis.

O OPM3 é um modelo de maturidade que descreve capacidades incrementais que agregam boas práticas, as quais são pré-requisitos para uma gestão de projetos efetiva.

O OPM3 é composto por três elementos gerais: conhecimento, apresentado os conteúdos do padrão, avaliação, provendo um método para comparação com o padrão e melhoria, estabelecendo os estágios para as mudanças organizacionais (PMI, 2003).

Conforme a Figura 7, o modelo possui três domínios: projetos, programas e portfólios. Os portfólios são um conjunto de programas, que por sua vez são organizados como um conjunto de projetos. Com base em cada um dos domínios, é possível avançar os estágios de melhoria de processos por meio da seguinte gradação de maturidade: Padronização, Medição, Controle e Melhoria Contínua (PMI, 2003).

Figura 7 – Representação do modelo de maturidade para gestão de projetos

Fonte: Project Management Institute (2003)

3.2.3 Modelo de Maturidade – ISO 9004:2010

A ABNT NBR ISO 9004:2010 fornece orientação às organizações para obter sucesso de forma sustentada por meio de uma abordagem de gestão da qualidade. Esta norma promove a auto avaliação como uma ferramenta fundamental para realização da análise crítica do nível de maturidade da organização, abrangendo sua liderança, estratégia, sistema de gestão, recursos e processos, para identificar pontos fortes, e fracos, assim como oportunidades de melhoria e inovação. Em seu Anexo A, apresenta um padrão para elaboração de modelos de maturidade e uma ferramenta de auto avaliação (modelo) baseada nas orientações da norma, incluindo tabelas separadas de auto avaliação para os principais elementos e detalhes. A ferramenta apresenta cinco níveis de maturidade, que podem ser estendidos ou adaptados conforme o desejo da organização (ABNT, 2010).

3.2.4 Modelo EcoM2

Pigosso, Rozenfeld e Mcaloone (2013) propuseram um modelo de maturidade para implantação do Ecodesign nas empresas. O processo de construção deste modelo levantou e sistematizou as principais práticas de Ecodesign nas empresas com o objetivo de suportar o avanço nos estágios de maturidade uma vez que o conjunto de práticas estabelecidas para aquele estágio tenha sido implantado. Esta estrutura busca auxiliar a empresa na avaliação do estágio de maturidade corrente, entendimento das oportunidades de melhorias, seleção e priorização das práticas de ecodesign e desdobramento de planos para implantação conforme os objetivos estratégicos da empresa. O modelo é composto de três elementos principais (Figura 8):

- Práticas de Ecodesign: coleta detalhada de práticas relacionadas à gestão do ecodesign, questões técnicas de design de produtos e técnicas e ferramentas associadas
- Níveis de Maturidade em Ecodesign: sequencia de estágios sucessivos para incorporação de questões ambientais no desenvolvimento de produtos e processos relacionados
- Métodos de aplicação: uma abordagem de melhoria contínua que suporta as empresas na implantação e gestão do ecodesign

Figura 8 – Elementos do Modelo EcoM2

Fonte: Pigosso, Rozenfeld e Mcaloone (2013)

Para a avaliação da maturidade um questionário padrão é aplicado e entrevistas são realizadas com funcionários da empresa, sendo que uma nota é dada para cada uma das práticas e na sequência o nível de capacidade é calculado. Ao final dessa etapa, os níveis de capacidade descritos pelos funcionários são confrontados com os comentários obtidos nas entrevistas para garantir coerência e consistência.

Uma vez que o diagnóstico de maturidade da empresa foi realizado, as práticas mais viáveis de gestão em ecodesign são selecionadas com base em uma análise das oportunidades de melhoria e seleção da abordagem de melhorias de processo (em estágios ou contínua).

3.2.5 Ferramenta de Avaliação do Grau de Maturidade em SGI

A Ferramenta de avaliação do grau de maturidade em SGI (Figura 9) desenvolvida por Poltroniere (2014), visa auxiliar as empresas que possuam mais de um sistema de gestão implantado a realizar uma auto-avaliação do estado corrente da integração desses sistemas e desenvolvimento de plano de ação para atingir níveis cada vez maiores de integração.

Figura 9 – Exemplo da ferramenta de avaliação de maturidade em SGI.

	1	2	3	4	5
POLÍTICA					
Existência de política integrada	Cada norma possui sua própria política	Cada norma possui sua própria política e há um alinhamento entre elas de forma a evitar contradições	Há uma única política que representa todas as normas integradas	Há uma única política que representa todas as normas integradas. Os itens da política estão alinhados com o plano estratégico e são desdobrados em indicadores quantitativos	Há uma única política que representa todas as normas integradas. Os itens da política estão alinhados com o plano estratégico e são desdobrados em indicadores quantitativos constantemente revisados.

Fonte: Poltronieri (2014)

No total a ferramenta apresenta 21 pontos abordados dentro de quatro áreas (Quadro 10).

Quadro 10 – Pontos abordados no modelo de maturidade e suas respectivas áreas.

Área	Pontos Abordados
Política	Existência de política integrada, participação da alta administração, atualização e documentação, divulgação
Planejamento	Elaboração, equipe, objetivos e metas, manual, procedimentos/instruções/registros, controle de procedimentos/instruções/registros
Implementação/Execução	Controle operacional, funções/responsabilidades/autoridades, equipe, recursos, treinamentos, comunicação, monitoramento
Verificação/Ação	Auditoria interna, auditoria externa, não conformidades/ações corretivas e preventivas, análise da administração

Fonte: Poltronieri (2014)

Os modelos de maturidade identificados na revisão da literatura utilizados como base para este estudo foram: o Modelo de Maturidade do CMMI (CHRISSIS; KONRAD; SHRUM, 2003) e o Modelo de Maturidade de Ecodesing EcoM2 (PIGOSSO; ROZENFELD; MCALOONE, 2013).

O Modelo de Maturidade do CMMI foi considerado, primeiramente devido a sua consistência e por estar voltado à melhoria de processos dentro de uma organização. Além disso, apresenta estrutura definida por estágios de maturidade baseados em níveis de sistematização que evoluem conforme a adoção de um conjunto de práticas estabelecidas para cada estágio. O EcoM2 também foi considerado pois é um modelo voltado mais especificamente para melhoria de processos referentes ao desempenho ambiental das empresas, assim como o Modelo de Maturidade de Produção Limpa proposto neste estudo e contempla uma estrutura de níveis evolutivos de maturidade definidos a partir de práticas de ecodesign. Dessa forma, ambos os modelos oferecem embasamento sólido para o desenvolvimento do Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa por meio da definição de estágios de maturidade progressivos que contemplam práticas a serem aplicadas pelas organizações, visando contribuir para a superação das barreiras de Produção mais Limpa objetos desse estudo como a falta de sistematização, integração, informações detalhadas de práticas, técnicas e ferramentas e continuidade dos programas de P+L.

3.3 Análise semântica e estabelecimento da definição de trabalho de Produção mais Limpa

Uma análise semântica foi realizada com base em 15 definições de P+L levantadas por meio da revisão bibliográfica exploratória (Quadro 6).

Os resultados obtidos por meio das análises gráficas com o *software Tropes* mostram que o termo Produção mais limpa apresenta maior proximidade com os termos aplicação contínua, uso e estratégia (Figura 10 e 11). A maioria dos termos presentes nas definições sucede o termo Produção mais limpa (Figura 11).

Figura 10. Gráfico de área para o termo Produção mais Limpa

Fonte: Autoria própria

Figura 11. Gráfico de estrela para o termo Produção mais Limpa

Fonte: Autoria própria

A Tabela 1 apresenta as estatísticas dos temas principais, relações mais fortes, adjetivos, substantivos e verbos das definições de P+L.

Tabela 1. Estatísticas de temas principais, relações mais fortes e adjetivos da análise semântica de P+L (Continua).

Análise	Palavra	Frequência	Análise	Palavra	Frequência
Temas Principais	cleaner_ production	15	Relações mais fortes	(product > service)	4
	procedure	11		(cleaner_production>continuous_ application)	4
	production	9		(raw_material > energy)	4
	product	8		(use > energy)	3
	use	7		(use > raw_material)	3
	waste	6		(cleaner_production > strategy)	3
	energy	6		(cleaner_production > use)	3
	raw_material	5		(shock > production)	3
	shock	5		(strategy > procedure)	3
	strategy	5		(use > resource)	3
	equipment	4		(cleaner_production> procedure)	3
	service	4		(product > raw_material)	2
	continuous_ application	4		(continuous_application> strategy)	2
	management	3		(cleaner_production> similarity)	2
	water	3		(strategy > product)	2
	similarity	3		(cleaner_production> development)	2
	efficiency	3		(decrease > waste)	2
	environment	3		(cleaner_production> production)	2
	resource	3		(production > distribution)	2
	decrease	3		(equipment > energy)	2
	benefit	3		(production > procedure)	2
	development	3		(product > efficiency)	2
Adjetivos	environmental	12		(service > efficiency)	2
	efficient	6		(energy > water)	2
	economic	4		(use > water)	2
	integrated	3		(raw_material > water)	2
	preventive	3		(cleaner_production> raw_material)	2

Tabela 1. Estatísticas de temas principais, relações mais fortes e adjetivos da análise semântica de P+L (Conclusão)

Análise	Palavra	Frequência	Análise	Palavra	Frequência
Substantivos	process	11	Verbos	be	15
	production	9		minimize	5
	product	8		generate	4
	use	7		reduce	3
	waste	6			
	energy	6			
	raw_material	5			
	impact	5			
	strategy	5			
	service	4			
	material	4			
	development	3			
	efficiency	3			
	environment	3			
	approach	3			
	benefit	3			
	management	3			
	reduction	3			
	water	3			

Conforme apresentado na Tabela 1, os indicadores de temas principais que se destacaram foram produção mais limpa (15), procedimento (processo) (11), produção (9) e produto (8).

O termo procedimento apontado pelo *software* é uma classificação realizada para o termo processo presente nas definições. Para análise das definições, neste estudo, será adotado o termo original “processo”.

Os indicadores de relações mais fortes e verbos foram utilizados para construir a estrutura principal do texto. As relações mais fortes identificadas referentes à P+L foram: aplicação contínua, estratégia, uso e procedimento (processo).

Com relação aos verbos, destacaram-se o verbo ser, que está associado às relações de P+L, e os verbos minimizar, gerar e reduzir, que estão associados ao objetivo de P+L de melhoria na eficiência ambiental.

Os adjetivos caracterizadores da P+L que se destacam foram: ambiental, eficiente, econômico, integrado e preventivo.

Os indicadores de substantivos apresentados na análise apontaram para o escopo (abrangência) considerado nas definições de P+L dos quais se destacam: procedimento (processo) e produção. A análise do gráfico de papel também aponta para relações fortes entre P+L e esses substantivos (Figura 12).

Figura 12. Gráfico de papel para o termo Produção mais Limpa

Fonte: Autoria própria

Dessa forma, os resultados quantitativos obtidos por meio das definições levantadas indicam que o escopo de aplicação P+L (Tabela 1 e Figura 11) abrange predominantemente os processos e produção industriais, com algumas exceções que consideram também o foco em produtos e serviços.

A partir dessa análise e com base nas estatísticas apresentadas, a seguinte definição síntese foi elaborada:

- **Definição síntese:** Produção mais limpa é a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva e integrada voltada para melhorar a eficiência ambiental e econômica de processos de produção industriais.

A maioria das definições encontradas na revisão bibliográfica difere da definição pioneira (UNEP, 1994) de P+L com relação ao escopo. A definição do PNUMA (1994) considera que a P+L, além de processos, abrange também produtos e serviços. Apesar dessa diferença em relação ao escopo, os resultados obtidos demonstram que a maioria das definições interpreta P+L não apenas como um conjunto de iniciativas ou como uma

abordagem, mas sim, como uma estratégia aplicada continuamente para melhorar a eficiência global de uma organização.

Dessa forma, devido a sua maior abrangência e por ser considerada pioneira, a definição do UNEP (1994) será utilizada como base para o levantamento das práticas, técnicas e ferramentas neste trabalho. A escolha de uma definição de P+L com escopo mais abrangente se justifica pelo fato de que cada interessado poderá recortar as práticas, técnicas e ferramentas levantadas para qualquer definição de P+L que considerar, sendo esta definição mais ou menos abrangente.

3.4 Considerações e resultados da Fase 1 do estudo

Este capítulo apresentou a revisão bibliográfica exploratória sobre Produção mais Limpa e Modelos de Maturidade, incluindo uma análise semântica das definições de Produção mais Limpa conforme descrito na seção 2.2.1. Os resultados obtidos neste capítulo constituem a base teórica que suporta a elaboração do Modelo de Maturidade Teórico de Produção mais Limpa apresentado no Capítulo 4.

Os seguintes resultados obtidos neste capítulo (Fase 1) serão utilizados para o desenvolvimento do Modelo de Maturidade Teórico de Produção mais Limpa (Fase 2) que será descrito no capítulo 4:

- Definição de P+L utilizada no estudo
- Barreiras específicas de Produção mais Limpa que serão trabalhadas com o desenvolvimento do modelo
- Dimensões de evolução de P+L utilizadas para elaboração da descrição dos estágios de P+L
- Metodologia de Produção mais Limpa utilizada para classificação das práticas de gestão de Produção mais Limpa.
- Modelos de maturidade utilizados como base para construção do modelo de maturidade

4. ELABORAÇÃO DO MODELO DE MATURIDADE TEÓRICO DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA

Este capítulo apresenta o desenvolvimento do Modelo de Maturidade teórico de Produção mais Limpa, conforme especificado na seção 2.2.2.

A seção 4.1 apresenta a descrição geral do Modelo de Maturidade teórico de Produção mais Limpa. A seção 4.2 expõe a sistematização e classificação das práticas, técnicas e ferramentas que compõe o modelo. As seções 4.3 e 4.4 apresentam, respectivamente, o desenvolvimento dos níveis de maturidade em Produção mais Limpa e método para apoiar a sua aplicação. Na seção 4.5 são apresentados os resultados da avaliação do Modelo de Maturidade realizada por especialistas e, por último, a seção 4.6 apresenta as melhorias realizadas no modelo a partir dessas avaliações.

4.1 Descrição do Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa

O Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa é uma representação em etapas de evolução que visa suportar as empresas na identificação da sua situação atual e estabelecimento do caminho para avançar na implantação da Produção mais Limpa em seu negócio por meio da seleção de um conjunto de práticas permitindo melhor aproveitamento do potencial da Produção mais Limpa e maior integração com as estratégias de negócio.

A utilização do Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa oferece os seguintes benefícios para as empresas:

- Conjunto de práticas de Produção mais Limpa
- Avaliação da situação atual (diagnóstico) da empresa com relação a implantação das práticas de Produção mais Limpa
- Uma visão clara dos estágios de evolução necessários para implantação da Produção mais Limpa
- Uma representação visual, simples e prática para implantação da Produção mais Limpa que pode ser comunicada em todos os níveis hierárquicos.

O Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa foi baseado na estrutura do Modelo de Maturidade EcoM2 (Figura 8) e é composto por três elementos: Estágios de Maturidade, Práticas de Produção mais Limpa e Método de Aplicação (Figura 13).

Figura 13 – Elementos do Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa

MODELO DE MATURIDADE - P+L

ESTÁGIOS DE MATURIDADE

Estágios para evolução da maturidade na implantação da P+L

PRÁTICAS DE P+L

Práticas classificadas de acordo com os níveis de maturidade

MÉTODO DE APLICAÇÃO

Guia para uso do modelo com foco na seleção e implantação de práticas de P+L

Fonte: Autoria própria

Os estágios de maturidade representam as etapas de evolução da empresa na implantação e integração da Produção mais Limpa em seu negócio.

As práticas de Produção mais Limpa por sua vez correspondem nas medidas que possibilitarão que a empresa avance nos estágios de maturidade e atinjam um melhor desempenho na gestão ambiental preventiva. Essas práticas estão distribuídas entre os estágios de maturidade, são divididas em práticas de gestão e práticas de operação e se encontram associadas a técnicas e ferramentas para sua implantação.

O método de aplicação é a forma como as empresas poderão aplicar o modelo de maturidade por meio de processo de melhoria contínua baseado na abordagem do ciclo PDCA.

4.2 Sistematização e classificação de práticas, técnicas e ferramentas de Produção mais Limpa

Os resultados da revisão bibliográfica sistemática das práticas, técnicas e ferramentas de Produção mais Limpa encontram-se descritos a seguir.

4.2.1 Questão de pesquisa, bases e strings de busca

A definição do problema é o ponto inicial para a realização da revisão bibliográfica sistemática (CONFORTO; AMARAL; SILVA, 2001). Segundo Gil (2008), um problema deve ser formulado na forma de pergunta e ser claro e delimitado a uma dimensão viável.

Com base nessas referências, o problema formulado para a RBS foi: Quais são as práticas, ferramentas e técnicas de produção mais limpa descritas na literatura?

Dessa forma, o objetivo da revisão sistemática foi identificar as práticas, ferramentas e técnicas descritas na literatura, considerando tanto levantamento prévio realizado por autores como novas práticas, técnicas e ferramentas propostas. As fontes primárias para condução da RBS foram identificadas por meio da consulta aos especialistas nos temas de produção mais limpa e revisão bibliográfica preliminar nas bases *Web of Knowledge* e *Scopus*. A revisão bibliográfica sistemática foi conduzida entre 06/01/2017 a 02/02/2017.

As palavras e termos referentes ao tema de pesquisa utilizado para a criação da *String* de busca foram determinados por meio da consulta a especialistas e levantamento de palavras-chave contidas nos periódicos encontrados na pesquisa bibliográfica de fontes primárias.

As *Strings* de busca aplicadas nas bases *Web of Knowledge* e *Scopus* foram, respectivamente, (Cleaner NEAR/1 Production) AND (Tool OR Methodology OR Practice OR Guideline OR Activity OR Strategy OR Technique) e (Cleaner PRE/0 Production) AND (Tool OR Methodology OR Practice OR Guideline OR Activity OR Strategy OR Technique). As *Strings* aplicadas nas bases *Web of Knowledge* e *Scopus*, retornaram um total de 116 estudos, sendo um total de 44 (38%) pertencentes ao periódico *Journal of Cleaner Production*.

Os critérios definidos para seleção e inclusão de artigos no repositório foram a presença de descrição de práticas, ferramentas e técnicas de Produção mais Limpa existentes ou inéditas que se encontrem dentro do escopo da definição de Produção mais Limpa utilizada neste estudo e atendimento ao objetivo da RBS.

4.2.2 Seleção de artigos, avaliação de conteúdo, extração de dados, busca cruzada e síntese dos resultados

Após a identificação dos 116 estudos, foram realizados três filtros de leitura utilizando os critérios descritos acima para seleção dos estudos. Para o primeiro filtro, foi realizada a leitura do título, resumo e palavras chave, resultando em um total de 45 estudos.

O segundo filtro consistiu na leitura da introdução e conclusão, resultando em um total de 33 estudos. Por último, o terceiro filtro foi realizado por meio da leitura completa dos estudos, resultando em um total de 29 estudos. Na sequência, foram realizadas buscas cruzadas de estudos identificados nas citações daqueles que passaram no filtro 3. Essa busca cruzada resultou em um total de 71 estudos. Dessa forma, todos os 100 estudos que atenderam os objetivos e critérios da revisão sistemática foram cadastrados em um repositório para futuras consultas e uso no desenvolvimento deste estudo (Quadro 11). Os países que mais publicaram sobre o assunto pesquisado foram o Brasil (19) e Inglaterra (10). O autor com maior número de citações foi Srivastava (2007) (691 citações).

Quadro 11. Artigos selecionados na revisão bibliográfica sistemática (Continua).

Ano	Autores	Citações	Origem
1993	Schmidt-Bleek, F.	115	Alemanha
1994	van Berkel, C.W.M.	15	Holanda
1996	Fussler, C.; James, P.	586	Inglaterra
1996	Hale, M.	16	Inglaterra
1996	Strachan, P.A.	2	Inglaterra
1997	Van Berkel, R.; Willems, E.; Lafluer, M.	45	Holanda
1997	Van Berkel; Lafluer, M.	21	Holanda
1998	Fresner, J.	70	Austria
1999	Denton, K.D.	20	EUA
2000	Beard C., Rees S.	23	Inglaterra
2000	Hilson, G.	49	Canada
2000	Muchie, M.	0	Inglaterra
2001	Daily, B.F.; Huang, S.C.	146	EUA
2001	Jimenez, J.D.; Lorente, J.J.U.	58	Inglaterra
2001	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA	0	França
2001	Robert, K.H.; Schmidt-Bleek, B.; de Lardereel, J.A.; Basile, G.; Jansen, J.L.; Kuehr R.; Thomas, P.P.; Suzuki, M.; Hawken, P.; Wackernagel, M.	225	Suécia
2001	Rogers, D.S.; Tibben-Lembke, R.	178	EUA
2002	Backer, P.	1	Inglaterra
2002	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - Brasil	0	Brasil
2002	Edwards, K.L.	48	Inglaterra
2002	Hilson, G.; Nayee, V.	40	Inglaterra
2002	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA	0	Dinamarca
2002	Ritthoff, M.; Rohn, H.; Liedtke, C.	1	Alemanha
2002	Van Berkel, R.	10	Australia
2003	Centro Nacional de Tecnologias Limpas – CNTL	1	Brasil

Quadro 11. Artigos selecionados na revisão bibliográfica sistemática (Continuação).

Ano	Autores	Citações	Origem
2003	Fernandez, E.; Junquera, B.; Ordiz, M.	62	Espanha
2003	Hilson, G.	38	Inglaterra
2003	Narayanaswamy, V.; Scott, J.A.; Ness, J.N.; Lochhead, M.	16	Australia
2004	Nilsson, H.; Tunçer, B.; Thidell, A.	38	Suécia
2004	Govindarajulu, N.; Daily, B.F.	84	EUA
2005	Cagno E.; Trucco .P; Tardini L.	33	Italia
2005	Finnveden, G.; Moberg, A.	140	Suécia
2005	Gavrilescu, G.	1	Romenia
2006	Calia, R. C.; Guerrini, F. M.	25	Brasil
2006	Da Silva, G.C.S; De Medeiros, D.D.	4	Brasil
2006	Franke, B.; Grothe-Senf, A.	1	Brasil
2006	Gale, R.	22	Australia
2006	Perron, G.M.; Cote, R.P.; Duffy, J.F.	41	Canada
2006	Stone, L. J.	33	Australia
2006	Stone, L. J.	47	Australia
2006	Telukdarie, A.; Buckley, C.; Koefoed, M.	16	Africa do Sul
2007	Fijal, T.	23	Polônia
2007	Hicks, C.; Dietmar, R.	44	China
2007	Medeiros, D. D.; Calábria, F. A.; Silva, G. C. S.; Filho, J. C. G. S.	54	Brasil
2007	Nilsson N, L., Persson, P.O., Ryden, L., Darozhka, S., Zaliauskiene, A.	1	Suécia
2007	Srivastava, S.K.	691	India
2008	Tsoulfas, G.T.; Pappis, C.P.	61	Inglaterra
2008	Vachon, S., Klassen, R.D.	409	Canada
2008	Yüksel, H.	11	Turquia
2009	Rogers, K.; Seager, T.P.	23	EUA
2009	Thrane, M.; Nielsen, E. H.; Christensen, P.	32	Dinamarca
2009	Tseng, M. L.; Lin, Y.H.; Chiu, A.S.F.	73	Filipinas
2010	Chen, C.; Monahan, G.E.	24	Canada
2010	Fresner, J.; Jantschgi, J.; Birkel, S.; Baernthaler, J.; Krenn, C.	28	Austria
2010	Ngugi, I.K.; Johnsen, R.E.; Erdélyi, P.	27	Inglaterra
2010	Saturnino, A.; Jabbour, C. J. C.	4	Brasil
2010	Sellitto, M.A.; Borchardt, M.; Pereira, G.M.	9	Brasil
2010	Zeng, S. X.; Meng, X.H.; Yin, H.T.; Tam, C.M.; Sun, L.	55	China
2011	Borchardt, M.; Wendt, M.H.; Pereira, G.M.; Sellitto, M.A.	25	Brasil
2011	Simon, A.; Bernardo, M.; Karapetrovic, S.; Casadesus, M.	26	Espanha
2011	Sønderskov, K.M.; Daugbjerg, C.	25	Dinamarca
2012	Birch, A.; Hon, K.K.B.; Short, T.	15	Inglaterra
2012	Biswas, W.K.	5	Australia
2012	Campos, L.M.S.	28	Brasil
2012	Harrington, D.R.	6	EUA

Quadro 11. Artigos selecionados na revisão bibliográfica sistemática (Conclusão).

Ano	Autores	Citações	Origem
2012	Romero-Gamez, M.; Suarez-Rey, E.M.; Anton, A.; Castilla, N.; Soriano, T.	22	Espanha
2012	Zhang, G.R.; Zhao, Z.J.	5	Holanda
2013	Boons, F.; Luedeke-Freund, F.	111	Inglarerra
2013	Dobes, V.	19	Suécia
2013	Gaziulusoy, A.I.; Boyle, C.; McDowall, R.	30	Nova Zelandia
2013	Hallstedt, S.I.; Thompson, A.W.; Lindahl, P.	39	Suécia
2013	Hong, J.L.; Li, X.Z.	13	Inglarerra
2013	Hoque, A.; Clarke, A.	15	Canada
2013	Hsu, C.-W.; Lee, W.-H.; Chao, W.-C.	12	Taiwan
2013	Huang, Y.; Luo, J.; Xia, B.	9	China
2013	Igarashi, M.; de Boer, L.; Fet, A.M.	33	Noruega
2013	Liu, C.H.; Zhang, K.	7	China
2013	Kiperstok, A.; Esquerre, K.; Kalid, R.; Sales, E.; Oliveira, G.	7	Brasil
2013	Ortegon, K.; Nies, L.F.; Sutherland, J.W.	28	EUA
2013	Silva, D. A. L.; Delaib, I.; Castroa, M. A. S.; Ometto, A. R.	14	Brasil
2013	Teizer, J.; Cheng, T.; Fang, Y.H.	22	EUA
2013	Wu, D.D.; Olson, D.L.; Birge, J.R.	18	Canada
2014	Jia, Li.; Zhang, Y.; Tao, L.; Jing, H.; Bao, S.	8	China
2014	Min, J.; Azevedo, I.L.; Michalek, J.; de Bruin, W.B.	9	EUA
2014	Munsamy, M.; Telukdarie, A.; Zhang, W.	4	Africa do Sul
2014	Testa, F.; Rizzi, F.; Daddi, T.; Gusmerotti, N.M.; Frey, M.; Iraldo, F.	38	Italia
2014	Yepes, G.Y.F.; Cuartas, P.A.C	0	Colômbia
2015	Almeida, C. M. V. B.; Agostinho, F.; Giannetti, B. F.; Huisingh, D.	9	Brasil
2015	Bai, S.; Zhang, J.; Wang, Z.	3	China
2015	Yusup, M. Z.; Mahmood, W. H. W. Salleh, M. R.; Ab Rahman, M. N.	1	Malasia
2015	Oliviera, G. C.; Filho, M. G.; Ganga, G. M. D.; Costa, B. K.	0	Brasil
2015	Oliviera, G. C.; Filho, M. G.; Ganga, G. M. D.; Naas, I. A.; Vendrametto, O.	0	Brasil
2015	Guimarães, J. C. F.; Severo, E. A.; Senna, P.	0	Brasil
2016	Oliveira, J.A.; de Oliveira, O.J.; Ometto, A.R.; Capparelli, H.F.	0	Brasil
2016	Ghannadzadeh, A.; Sadeqzadeh, M.	0	Iran
2016	Oliveira, J.A.; Oliveira, O.J.; Ometto, A.R.; Ferrauda, A.S.; Salgado, M.H.	1	Brasil
2016	Vieira, L. C.; Amaral, F. G.	3	Brasil
2016	Wen, Z.G.; Yu, Y.; Yan, J.	1	China
2016	Zhang, Y.; Liang, K.; Li, J.; Zhao, C.; Qu, D.	2	China
2017	Chen, L., Wang, L., Wu, X., Ding, X.	0	China

A Figura 14 indica que a partir do ano de 2010, o número acumulado de publicações que apresentam descrições de práticas, técnicas e ferramentas de Produção mais Limpa praticamente duplicou (Período 1977-2009: 52 publicações; Período 1993-2017: 100 publicações). Os anos com maior número de publicações foram 2013 (15) e 2006 (8). O aumento considerável no número de publicações durante este período indica que existe interesse por parte dos autores em buscar alternativas para superar as barreiras ou potencializar a implantação da Produção mais Limpa por meio de estudos de suas práticas, técnicas e ferramentas.

Figura 14. Análise do número de publicações sobre práticas, técnicas e ferramentas de P+L

Fonte: Autoria própria.

A partir da análise dos 100 estudos levantados na revisão bibliográfica sistemática, um total de 357 práticas, 79 técnicas/ferramentas foram identificadas. Esta classificação (práticas, técnicas e ferramentas) foi realizada com base nas definições do PMI (2008). Posteriormente, o agrupamento de práticas, técnicas e ferramentas equivalentes foi feito por meio da comparação de suas descrições e objetivos para eliminar a ocorrência de duplicidade.

Durante a realização da revisão bibliográfica sistemática foi identificada a necessidade de distinguir as práticas em relação ao seu objeto de interesse (processo de implantação de P+L e melhorias de processo e produto propriamente ditas) devido à relação de interdependência entre práticas de gestão e as práticas operacionais. Os programas de Produção mais Limpa implantados dentro da rede UNIDO / PNUMA de Centros Nacionais de Produção Mais Limpa (NCPCs) documentaram repetidamente a importância das medidas "de

gestão" e organizacionais para ajudar a garantir ganhos de eficiência e melhoria contínua no desempenho das empresas (LUKEN et al., 2003; FRONDEL et al., 2007; DOBES, 2013).

Saturnino e Jabbour (2010) afirmam que, além dos fatores operacionais e técnicos, os fatores organizacionais e de gestão são importantes para a implantação de P+L. Um dos maiores desafios referentes à gestão ambiental nas empresas é a integração das práticas ambientais e práticas organizacionais (DAILY; HUANG, 2001; GOVINDARAJURU; DAILY, 2004).

Dessa forma, as práticas de Produção mais Limpa identificadas foram organizadas em dois grupos distintos:

- Práticas de gestão de P+L: relacionadas com a gestão do processo de implantação de P+L.
- Práticas operacionais de P+L: relacionadas com questões técnicas de implantação de alternativas de P+L nos processos da organização.

A distinção entre as práticas foi baseada em Pascual e Stevels (2004), que sugeriram uma divisão para as práticas de Ecodesign, mas que também podem ser estendidas para Produção mais Limpa por também se tratar de uma estratégia ambiental, em duas dimensões:

- 1- Dimensão de gestão: relacionados aos aspectos de negócio da disciplina
- 2- Dimensão ambiental: relacionados a questões ambientais técnicas de processo e produtos (fluxo de energia, materiais, eficiência, carga, entre outros)

As práticas de gestão, práticas operacionais e técnicas/ferramentas identificadas na revisão sistemática são apresentadas nas seções 4.2.3, 4.2.4 e 4.2.5.

4.2.3 Práticas de Gestão de Produção mais Limpa

As práticas de gestão de Produção mais Limpa são aquelas relacionadas com a gestão do processo de implantação de Produção mais Limpa em uma empresa.

O Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa contemplou inicialmente um total de 159 práticas de gestão obtidos a partir de estudos identificados na revisão bibliográfica sistemática relacionados com as metodologias, práticas e barreiras de implantação de Produção mais Limpa. As práticas operacionais foram codificadas no formato (PG XX).

Alguns exemplos das práticas de gestão identificadas foram:

- “Identificar e avaliar tendências, requisitos e prioridades das partes interessadas (clientes, fornecedores, comunidade, entre outros) relacionadas a questões ambientais”;
- “Criar uma organização interna suportada por estrutura formal de gestão para implantação e manutenção de programa de Produção mais Limpa”;
- “Definir e monitorar objetivos indicadores e metas de implantação e de desempenho de Produção mais Limpa”;
- “Realizar Avaliação de Produção mais Limpa para identificar oportunidades de melhoria de eficiência ambiental”;
- “Desenvolver programas sistemáticos de capacitação ambiental com o objetivo de proporcionar as competências necessárias e conscientização ambiental para o Programa de Produção mais Limpa”;
- “Engajar a cadeia de suprimentos em produção mais limpa: orientar, fornecedores, clientes e construir iniciativas para que implantem P+L”.

As práticas de gestão identificadas foram classificadas de acordo com as etapas da metodologia de implantação de Produção mais Limpa com o objetivo de direcionar o usuário do Modelo de Maturidade sobre qual a etapa da metodologia na qual cada prática pode ser aplicada.

A literatura atual apresenta diversas metodologias de Produção mais Limpa conforme identificado na seção 3.1.3.

Neste trabalho, a metodologia de Produção mais Limpa proposta por Silva et al. 2013 da Universidade de São Paulo foi utilizada como base para a classificação das práticas de gestão.

A referida metodologia contempla doze etapas classificadas de acordo com o ciclo PDCA. Os objetivos de cada uma dessas etapas foram especificados práticas e ferramentas foram propostas para melhorar o processo de implantação da Produção mais Limpa por meio desta metodologia (Quadro 12).

Quadro 12. Metodologia de P+L proposta por Silva et al. 2013.

PDCA	Fase da P+L	Meta	Proposta de melhorias
P	Comprometimento da alta liderança	Garantir apoio da alta liderança	Definir metas qualitativas globais para o programa de P+L Utilizar gráficos lineares
	Engajamento de funcionários	Treinamento e conscientização de funcionários para garantir comprometimento no programa	
	Organizar uma equipe de Produção mais Limpa	Definir a equipe do programa e cronograma geral	Definir os papéis e responsabilidades da equipe Utilizar 3W1H
	Apresentação do método de Produção mais Limpa para a equipe	Treinar os membros da equipe nos conceitos básicos de P+L, metodologia e dinâmica de trabalho	Treinar a equipe no ciclo PDCA e ferramentas básicas da qualidade
	Pré-avaliação da empresa	Melhorar o conhecimento da equipe sobre o processo de produção e seus impactos ambientais	Realizar pré -avaliação dos indicadores ambientais já utilizados Realizar avaliação prévia de outros trabalhos conduzidos na empresa Utilizar Matriz GUT
	Coleta de dados	Levantar dados	Utilizar lista de verificação Utilizar estratificação
	Definição de indicadores de desempenho	Definir ou modificar indicadores que serão utilizados para medir o sucesso do projeto	Implantar metas e indicadores Utilizar gráficos lineares e de controle
	Avaliação de dados	Identificar os principais focos de P+L e as causas dos problemas	Utilizar análise de pareto Utilizar matriz GUT Utilizar brainstorming Utilizar diagrama de causa e efeito
	Identificação de opções de Produção mais Limpa	Selecionar as ações de melhoria de P+L com a melhor competência técnica e impactos ambiental e econômico	Utilizar brainstorming Utilizar 5W2H Utilizar benchmarking Definir a matriz de priorização
D	Implantação das mudanças	Realizar o plano de implantação	Utilizar 5W2H
C	Avaliação das ações de Produção mais Limpa	Avaliar os resultados do programa e garantir continuidade	
A	Continuidade do programa	Estabelecer um método sistemático que garanta a continuidade do programa	

Uma classificação das práticas de gestão de Produção mais Limpa nas doze etapas do ciclo PDCA descritos na metodologia foi conduzida com base na análise dos objetivos das etapas e práticas e ferramentas propostas previamente no estudo de Silva et al. (2013).

As práticas de gestão de Produção mais Limpa foram ainda classificadas de acordo com o seu escopo de aplicação: processo, produto e cadeia de valor.

Essa classificação foi baseada em estudos de classificação de práticas, técnicas e ferramentas de Produção mais Limpa (VAN BERKEL, LAFLUER, 1997b; VAN BERKEL, KAMPEN, 2001; CAGNO; TRUCCO; TARDINI, 2005), estudo relacionado à implantação e conscientização em gestão ambiental internamente (nas empresas) e cadeia de valor (BOKS, STEVELS, 2007) e está alinhada com a definição e escopo de Produção mais Limpa utilizada neste trabalho (Seção 3.3).

As práticas relacionadas a processos são aquelas direcionadas para gestão de melhorias relacionadas a processos como “Realizar mapeamento de fluxo de processo e balanço de materiais e energia” e “Realizar Avaliação de Produção mais Limpa para identificar oportunidades de melhoria de eficiência ambiental”.

As práticas relacionadas a produtos são aquelas direcionadas para gestão de melhorias em produtos como “Realizar projeto de produto ecoeficiente visando o uso de materiais ecológicos, remanufatura, reúso e reciclagem”.

As práticas relacionadas à cadeia de valor são aquelas direcionadas para gestão de melhorias que abrangem não somente a empresa, mas também outros elos da cadeia de valor como fornecedores, clientes e comunidade, como “Realizar auditoria ambiental em fornecedores”, “Realizar engajamento das partes interessadas com relação a questões ambientais” e “Engajar a cadeia de suprimentos para em produção mais limpa: orientar, fornecedores, clientes e construir iniciativas para que implantem P+L”.

Uma mesma prática de gestão pode estar relacionada a mais de um dos escopos definidos como “Considerar questões ambientais no desenho das redes de logística (internas e externas)”.

O escopo de aplicação das práticas de gestão de Produção mais Limpa é um dos critérios utilizados para estabelecimento dos níveis de maturidade de Produção mais Limpa (Seção 4.3.1).

Desta forma, a classificação das práticas de gestão de acordo com o seu escopo de aplicação tem o objetivo de apoiar as empresas se situarem e avançarem nos estágios de maturidade Produção mais Limpa (seção 4.3.2)

As práticas de gestão de Produção mais Limpa foram posteriormente classificadas de acordo com os níveis de maturidade (Seção 4.3.2).

4.2.4 Práticas Operacionais de Produção mais Limpa

As práticas operacionais de Produção mais Limpa são aquelas relacionadas com questões técnicas de implantação de alternativas de P+L nos processos da organização. Um total de 197 práticas operacionais foi identificado a partir da revisão bibliográfica sistemática (Apêndice B). As práticas operacionais foram codificadas no formato (PO XXX).

As práticas operacionais foram levantadas a partir de estudos que exploram os tipos de práticas utilizadas para implantação Produção mais Limpa e estudos que tratam da avaliação dos resultados de implantação de Produção mais Limpa em diferentes contextos e setores.

Alguns exemplos de práticas operacionais identificadas foram: “Aumentar o uso sustentável de recursos renováveis” (VAN BERKEL, 2002; YUKSEL, 2008; ZENG et al., 2010), “Instalar equipamentos com maior eficiência energética” (NILSSON et al., 2007; YUSUP et al., 2015), “Relatar e corrigir vazamentos (água, produtos, vapor)” (NILSSON et al., 2007) e “Otimizar layout da organização e do processo considerando questões ambientais” (HILSON, 2000; HILSON, 2003; YUKSEL, 2008; YUSUP et al., 2015).

Essas práticas operacionais devem ser utilizadas para apoiar as empresas para implantação das mudanças ou melhorias identificadas nas avaliações de Produção mais Limpa de seus processos produtivos. As empresas devem identificar aquelas práticas que melhores se encaixam dentro das melhorias identificadas por meio dessas avaliações. Dessa forma, a lista de práticas operacionais (Apêndice B) pode ser utilizada como fonte de consulta, apresentando a vantagem de disponibilização de uma ampla gama de práticas, eliminação de redundâncias e, por último, estabelecimento de relações com as técnicas/ferramentas que suportam a sua implantação.

Por estarem diretamente relacionadas com a etapa de implantação de mudanças, ou seja, implantação das melhorias de Produção mais Limpa (Quadro 12), as práticas operacionais foram classificadas de acordo com as estratégias de Produção mais Limpa (Seção 3.1.2).

De acordo com Nilsson et al. (2007) e Yusup et al. (2015) a implantação efetiva das práticas operacionais de P+L estão relacionadas com as estratégias de Produção mais Limpa.

As estratégias de Produção mais Limpa utilizadas neste trabalho são: Modificação tecnológica, Modificação no produto, Boas práticas (*Housekeeping*), Substituição da matéria prima, Reciclagem interna e reciclagem externa (CNTL SENAI RS, 2003).

Essa classificação permite que as empresas determinem as práticas que precisam trabalhar para implantar as melhorias identificadas em cada estratégia de Produção mais Limpa. Essas estratégias apresentam uma relação de hierarquia entre si, sendo que a reciclagem externa é o nível inferior e modificação tecnológica encontra-se no nível superior (Seção 3.1.2). A hierarquia das estratégias de implantação de Produção mais Limpa é um dos critérios utilizados para estabelecimento dos níveis de maturidade de Produção mais Limpa (Seção 4.3.2).

Desta forma, a classificação das práticas operacionais de acordo com as estratégias de Produção mais Limpa visa apoiar as empresas a avançarem nos níveis de Produção mais Limpa estabelecidos no Modelo de Maturidade (Seção 4.3.2).

As práticas operacionais foram ainda classificadas de acordo com o aspecto ambiental as quais estão relacionadas. Os aspectos ambientais considerados foram:

- Consumo de Água
- Consumo de Energia
- Consumo de Materiais
- Efluentes Líquidos
- Emissões Atmosféricas
- Produtos Químicos e Tóxicos
- Resíduos
- Outros

A classificação das práticas operacionais de acordo com o aspecto ambiental foi realizada com intuito de criar sinergia entre o uso das práticas operacionais para implantação das melhorias de Produção mais Limpa e os controles de gestão ambiental estabelecidos para gerenciar os aspectos e impactos ambientais nas empresas. Dessa forma, uma vez que as práticas operacionais sejam utilizadas e mantidas para implantar melhorias de Produção mais Limpa, elas se tornam um dos controles estabelecidos pela organização para determinado aspecto ambiental contemplado dentro do sistema de gestão ambiental.

Para as empresas que não possuem sistema de gestão implantado, essa classificação poderá auxiliar no estabelecimento de uma matriz de aspectos, impactos e controles conforme determinado pela ISO 14.001.

4.2.5 Técnicas/Ferramentas de Produção mais Limpa

As técnicas/ferramentas são meios sistemáticos utilizados para apoiar a implantação das práticas de gestão e práticas operacionais de Produção mais Limpa.

Um total de 79 técnicas/ferramentas foi identificado a partir da revisão bibliográfica sistemática (Apêndice C). As técnicas/ferramentas foram codificadas no formato (TF XX).

As técnicas e ferramentas foram classificadas de acordo com o seu tipo funcional, direcionamento para produtos, processos ou cadeia de valor (VAN BERKEL; LAFLUER, 1997b; CAGNO; TRUCCO; TARDINI, 2005) e aplicação conforme etapas da metodologia de Produção mais Limpa desenvolvida por Silva et al. (2013) (Ver Quadro 12).

Os quatro tipos funcionais das técnicas/ferramentas de Produção mais Limpa encontram-se descritos abaixo:

- Ferramentas/técnicas de inventário: possibilitam a identificação, quantificação e alocação de entradas e saídas de materiais e energia referentes a produtos e não produtos em partes de processos de produção, produtos ou ciclos de vida do produto. Ex: Balanço de materiais é uma técnica/ferramenta que fornece uma avaliação quantitativa das entradas e saídas de materiais nos processos
- Ferramentas/técnicas de melhoria: são utilizadas para a geração de opções de Produção mais Limpa para produtos, processos de produção e ciclos de vida em diferentes estágios da cadeia de valor, fluxo de processo ou ciclo de inovação. Ex: Checklists para opções de Produção mais Limpa
- Ferramentas/técnicas de priorização: fornecem uma abordagem estruturada com critérios bem definidos para a avaliação e definição de prioridades entre opções de Produção mais Limpa. Ex: Análise de custo benefício é uma ferramenta que permite priorização para seleção de opções de Produção mais Limpa que apresentem melhores retornos financeiros e ganhos ambientais ao mesmo tempo.

- Ferramentas/técnicas de gestão: Essas ferramentas descrevem procedimentos ou rotinas para a execução de projetos ou iniciativas de Produção mais Limpa.
Ex: *Design for Environment* e *Customer Relationship Management* (CRM)

Os quatro tipos funcionais de ferramentas/técnicas são inter-relacionados (Figura 15) (VAN BERKEL; LAFLUER, 1997b). As ferramentas/técnicas de inventário, melhoria e priorização encontram-se posicionadas ao longo de um ciclo para representar que estes tipos de ferramentas/técnicas são aquelas que contribuem para a aplicação das práticas com objetivo de implantar os ciclos de melhoria determinados na metodologia de Produção mais Limpa (Quadro 12). As ferramentas/técnicas de gestão encontram-se localizadas no centro do ciclo com objetivo de indicar que podem ser utilizadas para gestão do processo de implantação das práticas de gestão e operação de Produção mais Limpa.

Figura 15. Inter-relação entre os tipos de técnicas/ferramentas de Produção mais Limpa

Fonte: Autoria própria

As técnicas/ferramentas de Produção mais Limpa apresentadas neste trabalho devem ser utilizadas pelas empresas para implantação das práticas de gestão e operacionais conforme as suas especificidades internas visando o avanço nos níveis de Produção mais Limpa determinados no Modelo de Maturidade (Seção 4.3.2).

4.2.6 Relação entre as práticas, técnicas e ferramentas de Produção mais Limpa

As práticas de gestão e operação de Produção mais Limpa possuem uma relação entre si e a sua aplicação pode ser suportada pelas técnicas/ferramentas.

4.2.6.1 Relação entre as práticas de gestão

As práticas de gestão de Produção mais Limpa identificadas neste estudo apresentam uma relação de interdependência entre si, sendo que algumas são pré-requisitos para a implantação de outras. Por exemplo, a prática “Definir e monitorar objetivos indicadores e metas de implantação e de desempenho de Produção mais Limpa” é um pré-requisito para a prática “Implantar e monitorar o desempenho de oportunidades de Produção mais Limpa selecionadas” pois a implantação e monitoramento do desempenho das oportunidades de P+L dependem da definição dos objetivos e metas de Produção mais Limpa.

Uma avaliação da interdependência das práticas de gestão deve ser realizada para determinar quais são as práticas prioritárias presentes nos estágios de maturidade que deverão ser implantadas de forma a buscar evolução na adoção da Produção mais Limpa.

4.2.6.2 Relação entre as práticas de gestão, práticas de operação e técnicas/ferramentas

As práticas de gestão e operação apresentam interações entre si, sendo que, em alguns casos, a aplicação de uma suporta a implantação da outra. Por exemplo, as práticas operacionais “Aumentar a durabilidade de produtos” e “Aumentar a reciclabilidade de produtos” são suportadas pela prática de gestão “Realizar projeto de produto ecoeficiente visando o uso de materiais ecológicos, remanufatura, reúso e reciclagem”. As técnicas/ferramentas suportam diretamente a aplicação das práticas de gestão e operação. Dessa forma, uma vez estabelecidas as práticas de gestão e operação, pode-se selecionar quais técnicas/ferramentas são mais apropriadas para suportar a sua implantação. Essa seleção é realizada com base na comparação da tipologia e escopo das técnicas/ ferramentas (Seção 4.2.5) com as práticas que a empresa pretende implantar.

Apesar do amplo número de técnicas/ ferramentas identificadas neste estudo, podem existir práticas que não apresentem técnicas/ferramentas associadas para suportar a sua aplicação.

Sendo assim, as empresas podem determinar técnicas/ferramentas complementares tanto para implantação de práticas que não sejam suportadas por técnicas/ferramentas neste estudo, quanto para aquelas que sejam suportadas, mas a companhia entenda que, dentro de seu contexto, seja melhor aplicá-la.

4.3 Níveis de Maturidade em Produção mais Limpa

Esta seção apresenta os níveis de maturidade em Produção mais Limpa desenvolvidos para a versão Teórica do Modelo de Maturidade. Na seção 4.3.1 são apresentadas as dimensões utilizadas para implantação da Produção mais Limpa que foram consideradas para a elaboração da descrição dos níveis de maturidade. A seção 4.3.2 apresenta a descrição dos níveis de maturidade realizada com base na combinação das dimensões de implantação consideradas.

4.3.1 Dimensões para implantação de Produção mais Limpa

A determinação dos níveis de maturidade foi realizada com base nas barreiras internas para implantação da Produção mais Limpa (seção 3.2.1), escopo de aplicação e estágios de implantação de Produção mais Limpa nas empresas, identificadas na revisão bibliográfica exploratória.

Como um resultado da análise, foram estabelecidas quatro dimensões para implantação da Produção mais Limpa nas empresas:

1- Níveis e Hierarquia de Aplicação de Produção mais Limpa

- O Centro de Nacional de Tecnologias Limpas SENAI-RS (2003) e diversos autores (MEDEIROS et al., 2007; OLIVEIRA, J.F.G.; ALVES, S.M., 2007; PIMENTA, H.C.D.; GOUVINHAS, R.P., 2012;) distinguem três níveis para desenvolvimento das oportunidades de Produção mais Limpa: Nível 1 – Redução na fonte (dividido entre Modificação no processo – Mudança tecnológica, Substituição da Matéria Prima e Boas Práticas (*Housekeeping*) e Modificação no Produto); Nível 2 – Reciclagem interna e Nível 3 – Reciclagem externa.

- O Centro de Nacional de Tecnologias Limpas SENAI-RS (2001) e Medeiros et al. (2007) distinguem também uma hierarquia para os níveis de aplicação de P+L, sendo do nível mais baixo para o mais alto de efetividade: 1-Dispor, 2-Tratar, 3-Reaproveitar, 4-Minimizar e 5-Evitar.
- Rigola (1998) e Cagno et al. (2005) determinam a seguinte hierarquia de aplicação (do nível mais baixo para o mais alto): 1-Disposição controlada, 2-Tratamento de fim de tubo, 3-Reciclagem ou reuso e 4-Eliminar ou reduzir na fonte.
- A Pollution Prevention Act (EUA, 1990) determinou 7 níveis de aplicação dispostos em forma de hierarquia (do nível mais baixo para o mais alto): 1- Disposição direta no meio ambiente, 2-Disposição ambientalmente segura, 3-Tratamento, 4-Reciclagem externa (fora da unidade ou planta), 5-Reciclagem interna na unidade ou planta, 6- Reciclagem interna no processo e 7-Redução na fonte.

2- Nível de engajamento e conhecimento em Produção mais Limpa

- Hilson (2000), Thiruchelvam et al. (2003) e Luken e Roimpaey (2008) indicam que como barreiras internas o engajamento e conhecimento insuficiente de P+L e tecnologias limpas disponíveis e a falta de capacitação (THIRUCHELVAM et al., 2003).
- Moors et al. (2005) apontam falta de apoio da alta liderança sobre P+L e capacidade de gestão ambiental como barreiras.
- Boks e Stevels (2007) definem três níveis conhecimento: 1-Relativamente sem conhecimento (soluções genéricas e conhecimento), 2- Foi introduzido ao tema (soluções e conhecimento realizados especificamente para a indústria) e 3- Apresenta todos os procedimentos estabelecidos (soluções e conhecimentos realizados especificamente para processos e produtos)
- Callia et al. 2009 e Saturnino e Jabbour (2010) indicam barreiras de comportamento como resistência a mudanças.
- Murillo-Luna et al. (2011) apontam como barreira interna para implantação da Produção mais Limpa falta de capacidades organizacionais como a motivação e preparação ambiental limitada dos funcionários, gestão inadequada da alta liderança, falta de envolvimento de funcionários, sistemas de comunicação precários e inércia operacional.

- Vieira e Amaral (2016) colocam que as barreiras internas estão relacionadas com a cultura das organizações, falta de comunicação e educação.
- 3- Escopo de aplicação de P+L (processo, produto e cadeia de valor)
- Van Berkel e Kampen (2001) propuseram três classificações para escopo de aplicação de práticas, técnicas e ferramentas de Produção mais Limpa: processo, produto e cadeia de valor
 - Boks e Stevels (2007) definem três níveis de aplicação da gestão ambiental: 1- pessoal para nível de departamento, 2- departamento para nível de empresa e 3 empresa para cadeia de valor.
- 4- Níveis de sistematização
- Wang (1999) e Cagno et al. (2005) indicam como barreira para disseminação da Produção mais Limpa o fato de que a gestão e a implantação dos programas de P+L raramente acontecem de forma sistemática, sendo que o uso de técnicas, ferramentas e a coordenação ocorrem em departamentos individuais.
 - Alakeson e Sherwin (2004) estabelecem quatro estágios: 1-Pontual, 2-Ad hoc, 3-Ferramentas e 4-Estratégia.
 - Willard (2005) define cinco níveis de sistematização: 1-Pré-cumprimento de requisitos legais, 2-Cumprimento de requisitos legais. 3-Além do cumprimento de requisitos legais, 4-Integrado e Estratégico e 5- Propósito e Paixão.
 - Murillo-Luna et al. (2011) define quatro níveis: 1-Estratégia passiva, 2- Atenção para estratégia referente a legislação, 3- Atenção às estratégias referentes às partes interessadas e 4- Estratégia de qualidade ambiental total.

4.3.2 Descrição dos níveis de maturidade em Produção mais Limpa

Os estágios de maturidade encontram-se definidos conforme as dimensões de implantação de P+L (Seção 4.3.1) e com base nos estágios de evolução descritos no Modelo de Maturidade do CMMI (CARNEGIE MELLON INSTITUTE, 2006) e Modelo de Maturidade de Ecodesign (PIGOSSO et al., 2013) (Seção 3.2).

Estes modelos foram escolhidos como base para a elaboração do modelo de maturidade para implantação da Produção mais Limpa, pois focam na melhoria de processos em uma organização e descrevem um caminho contínuo de evolução realizado a partir de processos “ad hoc”, imaturos, para uma forma disciplinada, madura, e com melhorias de qualidade e efetividade. De forma complementar ao Modelo de Maturidade do CMMI (2006), o Modelo de Maturidade de Ecodesign foi utilizado como base para este trabalho pois também trata da implantação de uma estratégia ambiental dentro das empresas. A definição dos níveis de maturidade de Produção mais Limpa do modelo foi realizada a partir das dimensões de implantação de P+L, baseando-se na forma como os níveis de maturidade do modelo EcoM2 foi realizada para Ecodesign.

As dimensões de implantação para Produção mais Limpa e os estágios de maturidade dos modelos utilizados foram analisados e estruturados de forma a determinar os estágios de maturidade de Produção mais Limpa e construir uma única descrição para cada estágio.

O Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa é composto por cinco estágios de evolução que, uma vez integrados no planejamento das companhias, descrevem os passos que devem ser realizados para melhorar a seu desempenho ambiental. A descrição dos níveis de maturidade em Produção mais Limpa encontra-se abaixo:

Nível de Maturidade 1

- A empresa não apresenta experiência em Produção mais Limpa e não aplica práticas para melhorar o desempenho ambiental em seus processos, produtos e cadeia de valor. Apenas controles de fim de tubo (tratamento) e disposição controlada de resíduos com a finalidade de atendimento legal são aplicados. Neste estágio, a empresa busca compreender o conceito de Produção mais Limpa e avaliar os benefícios de sua implantação dentro do contexto de seu negócio, mas ainda não realiza conscientização e treinamento de seus colaboradores.

Nível de Maturidade 2

- A empresa toma os primeiros passos para aplicação da Produção mais Limpa. Reconhece práticas e potenciais benefícios, atuando por meio da aplicação de práticas pontuais e projetos piloto de Produção mais Limpa com ganhos incrementais relativos a custos e desempenho ambiental. A aplicação das práticas pontuais/projetos piloto são suportadas pelo uso de técnicas e ferramentas de menor grau de complexidade. Neste estágio a empresa começa a disseminar os conceitos de Produção mais Limpa e conscientizar os seus colaboradores, utilizando, além de outros recursos, os resultados positivos das práticas/projetos piloto já implantadas.

Nível de Maturidade 3

- A empresa reconhece a importância da Produção mais Limpa com base nos benefícios alcançados por meio das práticas pontuais/projetos pilotos. Neste estágio, a empresa possui um programa sistematizado de Produção mais Limpa. As práticas de Produção mais Limpa focam em processos por meio da aplicação de estratégias de reciclagem interna, *housekeeping* (boas práticas) e substituição de matérias primas. Conta com suporte da alta liderança, uma equipe de Produção mais Limpa e colaboradores treinados para contribuir com soluções para melhoria do desempenho ambiental de processos.

Nível de Maturidade 4

- As práticas de Produção mais Limpa também consideram modificação de tecnologias e de produtos. A principal diferença do Estágio 4 em comparação ao Estágio 3 é a expansão da esfera de influência de Produção mais Limpa para outras áreas da empresa, incluindo áreas gerenciais, além das áreas operacionais/técnicas. Os colaboradores de todos os níveis e áreas são treinados e aplicam soluções para melhoria do desempenho ambiental com foco nas estratégias de Produção mais Limpa relacionadas à redução na fonte.

Nível de Maturidade 5

- As questões ambientais (preventivas) estão incorporadas integralmente nas estratégias de negócios e processos decisórios da empresa junto a questões técnicas e econômicas. A empresa influencia e coopera com fornecedores e clientes para aplicação de conceitos de Produção mais Limpa fora dos limites da empresa (cadeia de valor).

As práticas de gestão de Produção mais Limpa foram classificadas em cada nível de maturidade (Seção 4.2.3) por meio da realização de uma matriz de correlação (Apêndice A) nas quais os objetivos de cada prática foram comparados com a descrição de cada nível de maturidade.

4.4 Desenvolvimento de um método para apoiar a aplicação do Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa

O método de aplicação foi desenvolvido com o objetivo de guiar a aplicação do Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa por meio de uma estrutura baseada em melhoria contínua e incorporação das práticas de Produção mais Limpa para a evolução das empresas nos níveis de maturidade.

De acordo com Cagno et al. (2005) e Bai et al. (2015), a aplicação da Produção mais Limpa é pontual e pouco integrada à gestão das empresas, dificultando o aproveitamento pleno de seu potencial. Além disso, os programas de Produção mais Limpa são implantados mas não são monitorados, revisados ou estendidos (WANG, 1999; KALAVAPUDI, 1995; SILVA et al., 2013).

Dentro deste contexto, as estruturas dos programas de Produção mais Limpa devem ser baseadas no Ciclo de Deming ou Ciclo PDCA (Planejar, Fazer, Verificar e Agir) (STONE, 2006; SILVA et al., 2013).

O ciclo PDCA apresenta quatro etapas básicas para implantação da melhoria contínua (DEMING, 1986):

- 1) Planejar: Avaliar a situação atual e desenvolver mudanças para melhorias em busca de uma situação futura estabelecida.
- 2) Fazer: Implantar as medidas estabelecidas
- 3) Verificar: Avaliar se os resultados das mudanças foram satisfatórios
- 4) Agir: Padronizar de forma permanente

Dessa forma, o desenvolvimento do método de aplicação do Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa utilizou como base o ciclo PDCA com o objetivo de estabelecer um mecanismo sistemático que possa ser utilizado para sua aplicação contínua. Além disso, o método de administração do modelo descrito na metodologia desenvolvida por Maier et al. (2012) também foi considerado para o desenvolvimento do método de aplicação.

O método de aplicação conta com quatro etapas:

1) Diagnóstico do nível de maturidade atual

O primeiro passo é realizar a avaliação do nível de maturidade atual da empresa com base nas descrições dos níveis de maturidade e práticas de gestão que encontram-se implantadas na empresa. A empresa somente poderá considerar-se em um determinado estágio, caso todas as práticas de gestão que fazem parte daquele estágio tiverem sido implantadas. Para o caso de alguma prática não ser aplicável dentro do contexto específico de uma empresa, este fato poderá ser registrado e justificado e a empresa poderá considerar-se em determinado estágio, mesmo não tendo aplicado a prática.

2) Definição das práticas de P+L e Projetos de P+L

O segundo passo é identificar as práticas de gestão de Produção mais Limpa de acordo com o nível de maturidade que a empresa deseja atingir. É necessário determinar a ordem de prioridade de implantação das práticas (Ver seção 4.2.6) e planejamento dos projetos de implantação (incluindo escopo, recursos, cronograma, partes interessadas, responsabilidades, indicadores de desempenho, entre outros). Esta é a etapa que determina a situação futura que a empresa deseja atingir, ou seja, qual o nível de maturidade e quais práticas serão implantadas e como a empresa pretende atingi-la.

3) Implantação das práticas de P+L e Projetos de melhoria

Neste passo, as práticas de gestão são implantadas de acordo com o planejamento definido na etapa anterior.

4) Avaliação dos resultados

Uma vez implantadas as práticas, os resultados obtidos por meio de indicadores de desempenho deverão ser avaliados e posteriormente um novo ciclo de aplicação deverá ser iniciado para avaliar a evolução do nível de maturidade da empresa.

O método de aplicação deverá ser repetido quantas vezes forem necessárias para que a empresa avance continuamente nos níveis de maturidade de Produção mais Limpa.

As seções 4.2, 4.3 e 4.4 apresentaram a versão teórica do Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa composto, respectivamente, de práticas de Produção mais Limpa, Níveis de Maturidade e Método de Aplicação. A seção 4.5 apresenta a avaliação da primeira versão do modelo realizada por especialistas e a seção 4.6 apresenta as melhorias incorporadas no modelo após a avaliação dos especialistas.

4.5 Avaliação do modelo de Maturidade de Produção mais Limpa por com especialistas

A avaliação do modelo foi realizada por meio da consulta com especialista acadêmico e especialistas da indústria. As consultas foram realizadas por meio de entrevistas conduzidas pessoalmente ou via telefone utilizando-se como base um questionário pré-definido.

As entrevistas realizadas podem ser classificadas como formal, estruturada, individuais e qualitativas conforme descrito por Lancaster (2005).

O método de planejamento e execução das entrevistas contemplam os seguintes passos (LANCASTER, 2005):

- Definição de objetivos e tópicos para discussão
- Identificação dos especialistas consultados
- Realização das entrevistas
- Consolidação dos comentários dos especialistas

Após a realização das consultas, as informações obtidas foram compiladas, analisadas e utilizadas para melhorar a primeira versão do Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa.

4.5.1 Definição de objetivos e tópicos para discussão

O objetivo das entrevistas com especialistas é avaliar o modelo de maturidade e coletar sugestões e oportunidades de melhoria. As oportunidades de melhoria foram identificadas com base nas respostas e comentários dos especialistas ao longo da condução das entrevistas.

As entrevistas foram divididas em duas partes. Primeiro foi realizada uma apresentação sobre as motivações que levaram ao desenvolvimento deste trabalho, conceito de Produção mais Limpa adotado no estudo e conceito geral do Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa com detalhamento sobre as três partes que o compõe: Práticas de Produção mais Limpa, Níveis de Maturidade e Método de aplicação. A segunda parte da entrevista focou na discussão sobre o modelo e coleta de comentários e sugestões de melhorias utilizando-se um questionário estruturado desenvolvido com base nos critérios de sucesso (Seção 2.2.2.5) de modelos de maturidade (MAIER et al., 2010).

As entrevistas tiveram a duração de 60 minutos, sendo 30 minutos utilizados para a apresentação do conceito geral do modelo de maturidade e 30 minutos para discussão e sugestões de melhoria com base no questionário desenvolvido.

4.5.2 Identificação dos especialistas consultados

Foram selecionados para avaliação do modelo um especialista acadêmico e especialistas de duas empresas. O critério considerado para a seleção do especialista acadêmico que avaliou o modelo é a experiência e desenvolvimento de trabalhos relacionados à Produção mais Limpa. Os especialistas da indústria foram selecionados por meio da identificação de uma empresa que possua iniciativas ou programa de Produção mais Limpa implantada e outra que não possua programa de Produção mais Limpa implantado, mas tenha interesse em implantar no futuro (Seção 2.2.2.5). As duas empresas selecionadas fazem parte de diferentes setores da indústria com intuito de criar uma diversificação maior para a avaliação do modelo. Estes setores são: Agronegócio e Mineração e Siderurgia.

Os especialistas foram contatados via e-mail e convidados para a realização da entrevista de avaliação do modelo. A pedido de especialista de uma das empresas contatadas, foram incluídos mais 8 especialistas da área ambiental para a avaliação do modelo que atuam diretamente com práticas de Produção mais Limpa no dia a dia da empresa, tornando a contribuição dos especialistas ainda mais relevante por incluir todo a equipe de meio ambiente do nível estratégico, tático e operacional.

4.5.3 Realização das entrevistas

As consultas com os especialistas foram realizadas durante o período de mestrado do pesquisador entre os meses de Maio e Junho de 2017. Das 3 entrevistas realizadas, 1 foi

presencial e 2 via telefone. O método e questionário foram aplicados conforme determinado, sendo que os comentários e sugestões fornecidas pelos especialistas foram anotados para posterior organização e aplicação das oportunidades de melhoria do modelo.

4.5.4 Apresentação dos comentários dos especialistas

Os comentários dos especialistas foram consolidados por meio da transcrição das sugestões de melhorias e foram agrupados de acordo com os seguintes tópicos:

- Conceito do Modelo de Maturidade (4.5.4.1)
- Práticas de Produção mais Limpa (4.5.4.2)
- Níveis de Maturidade de Produção mais Limpa (4.5.4.3)
- Método de aplicação do modelo (4.5.4.4)
- Outros comentários e sugestões. (4.5.4.5)

4.5.4.1 Conceito do Modelo de Maturidade

“O Modelo de Maturidade apresenta termos claros e de fácil compreensão para os usuários”

“Graficamente o modelo de maturidade está bem resumido e apresenta boas margens. Os conceitos e definições estão claros.”

“Os conceitos e definições utilizadas são suficientemente claros e possuem referências de alta qualidade.”

“Gostei muito do modelo de maturidade que vocês desenvolveram, como ele se complementa com as práticas, a aplicação, gostei muito desse formato, da arquitetura que vocês fizeram. É muito importante o que vocês fizeram.”

“O modelo de maturidade está bem apresentado e simplificado, em nossa avaliação podemos aplica-lo perfeitamente para a nossa realidade. Como já estamos em processo de implantação de P+L, já até conseguimos identificar o estágio onde estamos!”

4.5.4.2 Práticas de Produção mais Limpa

“O modelo de maturidade contempla as principais práticas de P+L e inclusive supera as expectativas neste sentido, pois apresenta práticas de P+L que podem extrapolar os limites internos da empresa, seja operacional ou gerencialmente, levando os seus benefícios para a sociedade.”

“As práticas de P+L estão perfeitamente bem colocadas na escalada dos estágios”.

“A representação do modelo de maturidade é de fácil utilização e entendimento, pois é clara a descrição das práticas esperadas para serem realizadas em cada estágio.”

“No modelo apresentado existem diversas práticas de gestão pontuais e específicas que visam o mesmo objetivo como, por exemplo, manter os funcionários treinados em Produção mais Limpa. De uma forma geral, isso torna o modelo exaustivo e específico, sendo que as empresas podem chegar ao mesmo objetivo, por meio da aplicação da prática, conduzindo-a de forma que esteja alinhada com a sua cultura interna. Existe a oportunidade de transformar essas práticas específicas em práticas mais gerais e estratégicas, reduzindo o número de práticas e dando uma maior flexibilidade para que as empresas executem da forma que melhor convenha para o negócio, cumprindo da mesma forma o seu objetivo.”

“É necessário uma maior simplificação com relação ao número e descrição das práticas. Quanto mais simplificado e estratégico for o modelo, melhor será compreendido e aceito pela alta liderança.”

“Eu vejo aqui algumas dificuldades. Por exemplo, no estágio 3 chama atenção a quantidade de práticas sugeridas. É necessário rever essas práticas e ver se não há redundância. É a primeira coisa. A segunda coisa, é identificar no estágio 3 o que é realmente prioritário. Quais dessas práticas são realmente prioritárias. É preciso fazer um esforço para deixar isso um pouco mais enxuto e realmente colocar aquilo que é prioritário.”

“É necessário equilibrar um pouco o número de práticas. Tem poucas no estágio 2, muitas no 3 e 4. O estágio 1 e 2 talvez realmente precise de menos. No estágio 1 são poucas mas são difíceis por que é o início. Tem lógica.”

“Primeiro é necessário avaliar se existe redundância das práticas, segundo tem algumas que são detalhes de outras. Colocaria somente a prática principal e exemplificaria com as práticas detalhadas.”

“Avaliando a distribuição das práticas ao longo dos níveis de maturidade, notei que algumas delas estão enquadradas em um nível que não correspondem a sua descrição. Sugiro revisar a classificação das práticas para enquadrá-las nos níveis correspondentes a sua descrição.”

4.5.4.3 Níveis de Maturidade de Produção mais Limpa

“Os estágio de maturidade estão claros e o sequenciamento lógico está ótimo.”

“O modelo apresenta com clareza os limites de diferenciação entre os estágios e entre as práticas. Facilmente é possível identificar o posicionamento da empresa dentre os estágios.”

“É perfeitamente possível de distinguir de forma clara os níveis de maturidade. A diferenciação está muito bem feita.”

“O sequenciamento lógico dos estágios de maturidade representa muito bem a evolução progressiva na adoção da P+L. Facilmente se torna possível apresentar para uma liderança os avanços.”

“Os níveis de maturidade estão bem didáticos, a diferença de avanço de um estágio para o outro estão claras, não fica difícil, os estágios estão bem definidos!

“As diferenças entre os níveis 3 e 4 são muito sutis. A principal diferença está relacionada com o fato de envolvimento de todas as áreas da empresa ou áreas gerenciais. Mas isso não deveria ter ocorrido no estágio 3, que representa a sistematização? Além disso, o fato de que no estágio 4 seria o momento de implantação de estratégias mais complexas voltadas a produtos e tecnologia não da sustentação o suficiente para este ser um estágio isolado. Tem que avaliar o número de práticas para cada estágio e se faz sentido manter 5 estágios.”

“Essa autoavaliação pode ser melhorada, incluindo um sistema de pontuação. Podem-se dar pesos diferentes para as práticas. Mais pontuação para aquelas que são mais importantes. Não são todas iguais em importância.”

4.5.4.4 Método de aplicação do modelo

“Para o método de aplicação poderia ser proposto um sistema diferente que seria assim, se forem realizadas de 70% ou 80% a empresa alcançou um estágio determinado. Ainda poderia ser reunidas aquelas práticas mais importantes e dar pontuação. Dessa forma, o gestor poderá chegar no final do ano e dizer que a empresa chegou em uma numeração de pontos e atingiu ou não determinado estágio.”

“É importante fazer um material suporte como um checklist para estabelecer pontuações, algo que o gestor consiga acompanhar.”

“Não li a sua dissertação, mas esse é um assunto que eu gostaria de ver com mais profundidade no modelo de maturidade”

“Esse método de aplicação acho que falta nesses quadros um pouco mais de informação. Por exemplo, a etapa quatro do ciclo (método de aplicação) é muito importante. Avaliar o resultado. Falta dizer como que vai avaliar e como vai comunicar. Por que a comunicação é muito importante. Eu incluiria no início e no final a comunicação.”

“Por que a comunicação é muito importante. Eu incluiria no início e no final a comunicação. A comunicação especialmente dentro da empresa. Exemplo: Se inicia um programa de produção mais limpa, isso deve ser comunicado para toda a empresa e isso deve ter um início. Um evento, algo que diz que a partir de hoje iniciamos um programa de produção mais limpa e toda a empresa está envolvida utilizando os estágios de maturidade. Isso deve ter forma de comunicação. Creio que o seu guia não vai poder ter tudo isso mas você tem que fazer a referencia. A importância da comunicação. Para que todos os colaboradores e stakeholders façam parte desse sistema. Sejam comunicados e acabem aderindo. E no final, a mesma coisa, os resultados devem ser comunicados também de alguma maneira. Acho que aqui falta isso. Essa etapa da comunicação e divulgação do resultado para comprometimento de todas as partes é muito importante.

Ele está muito técnico para o gestor, mas o gestor precisa estar atento a isso, a comunicação. Para que não chegue um momento e eles digam, para que estamos fazendo isso?”

4.5.4.5 Outros comentários e sugestões

“Um material no formato de guia pequeno poderia ser elaborado para aplicação do Modelo de Maturidade destinado para aqueles que querem implantar produção mais limpa como gestores ou usuários.”

“Para dar continuidade a dissertação pode citar os trabalhos futuros. É muito interessante a proposta desse estudo, mas teria que ver se outros sistemas funcionam assim. Depois que isso for divulgado precisaria de alguém que fosse conferir. Poderia ser realizada na forma de certificação ou premiação. Alguma organização podem avaliar e dizer que a partir desse modelo é possível categorizar as empresas em P+L. Isso promove muito a empresa e é uma maneira de estimular de fora para dentro. Você sabe que alguém está olhando para você, você esta sendo comparado com outras empresas, no final você atinge um nível. Além do guia, seria necessário esse sistema. Após a finalização, esse estudo e o guia poderia ser encaminhado para uma organização utiliza-lo para implantar um sistema desses.

“Muito bom ver trabalhos de qualidade sobre um tema tão instigante e holístico como é a P+L. Falo que a P+L é um tiro de bala que acerta vários alvos de uma vez só. Se você espera resultados ambientais, você consegue ao mesmo tempo engajar inovação, aumentar qualidade de produtos e serviços uma vez que você revisita a forma de realização de uma atividade para melhora-la, aumenta confiabilidade, torna as atividades mais seguras e com custos reduzidos, engaja a liderança com os resultados positivos em várias esferas e por aí vai. Vamos construindo essa forma de Gestão onde pudermos porque ela é maravilhosa. Parabéns pelo tema, pelo trabalho, pela pesquisa e pelo resultado. Vai ajudar muita gente e com certeza vai gerar muitas transformações.”

4.5.5 Análise das melhorias proposta para o Modelo de Maturidade.

Os comentários e sugestões de melhoria realizadas pelos especialistas acadêmico e da indústria foram compilados e analisados para serem considerados na revisão do Modelo de

Maturidade. Para a compilação e implantação das melhorias, foram analisadas as complementaridades, divergências e viabilidade das sugestões realizadas pelos especialistas.

As melhorias consideradas na versão final do Modelo de Maturidade classificadas de acordo com os elementos do modelo foram:

- Práticas de Produção mais Limpa
 - Os especialistas identificaram a existência de práticas de gestão redundantes. Para eliminar a redundância cada uma das práticas foram analisadas e comparadas umas com as outras. As práticas redundantes, ou seja, práticas iguais, mas descritas de formas diferentes, foram unificadas.
 - Foram identificadas práticas de gestão classificadas em estágios que não correspondiam com a sua descrição. Após a eliminação das redundâncias, uma revisão da classificação de cada prática em seu nível de maturidade correto foi realizada para todas as práticas do modelo.
 - Por ser um modelo voltado a empresas e com o foco na simplicidade de aplicação, foi sugerido que o número de práticas de gestão em cada nível de maturidade fosse reduzido e que as práticas descritas fossem mais genéricas para que a empresa tenha liberdade de definir como se deve aplicar a prática dentro do seu contexto de negócios. Foi comentado que o modelo apresentava práticas muito pontuais que indicam uma maneira específica de realizar uma atividade com o mesmo objetivo. Dessa forma, além da eliminação das práticas redundantes, as práticas muito específicas, com mesmo objetivo, foram unificadas e descritas de forma genérica (com base no seu objetivo) simplificando o modelo por meio da redução do número de práticas e ao mesmo tempo flexibilizando a forma como as empresas aplicarão as práticas de gestão. As práticas específicas foram incluídas como exemplos da forma de aplicação da prática de gestão genérica conforme sugestão dos especialistas.
 - Os especialistas apontaram que havia uma grande diferença no número de práticas de gestão em cada nível de maturidade. Apesar de concordarem com o fato de que os primeiros níveis (1 e 2) devem apresentar um menor número de práticas, foi sugerido que essa diferença deveria ser suavizada entre os níveis. Com a diminuição do número de práticas devido à eliminação de redundância

e simplificação do modelo, uma redistribuição foi realizada entre os níveis de maturidade de forma a suavizar a diferença do número de práticas em cada um. Com a redistribuição sido realizada, os níveis iniciais (nível 1 e 2) continuaram apresentando um número menor de práticas se comparados aos níveis 3, 4 e 5 e as diferenças no número de práticas entre os estágios foram suavizadas.

- Níveis de Maturidade de Produção mais Limpa
 - Segundo sugestões dos especialistas as diferenças entre os níveis 3 e 4 de maturidade eram muito sutis, sendo que a principal diferença estava relacionada com a realização do envolvimento de todas as áreas da empresa ou áreas gerenciais e aplicação de estratégias de modificação tecnológica em processos e produtos. Esse fato também contribuiu para que houvesse uma concentração de práticas no nível 3, fazendo com que o número de práticas em cada nível apresentasse uma grande diferença. Neste sentido, a descrição dos níveis de maturidade 3 e 4 foram revisadas.
 - Um método de pontuação das práticas de gestão foi incluído como complemento aos níveis de maturidade para determinação do estágio de maturidade de Produção mais Limpa no qual a empresa se encontra. Na visão dos especialistas este é um complemento muito importante para que o modelo seja de fácil aplicação e entendimento. Essa pontuação foi estabelecida com o uso do nível de capacidade de cada prática de gestão. O nível de capacidade mede quão bem uma prática de gestão está sendo aplicada pela empresa.
- Método de aplicação do modelo
 - Conforme sugerido pelos especialistas, cada uma das etapas do método de aplicação do modelo foi detalhada para prover maior orientação de quais passos o usuário deve seguir e como deve realizá-lo.
 - Como parte desse detalhamento, os especialistas sugeriram a criação de um questionário que pudesse ser utilizado como guia para avaliação da maturidade das empresas. Dessa forma, para apoiar o método de aplicação um questionário para avaliação da maturidade da empresa foi desenvolvido (Apêndice D). Esse questionário apresenta as práticas de gestão redigidas como perguntas e

divididas por nível de maturidade. O questionário conta com três elementos e três apêndices:

- 1-Estágios de Maturidade de Produção mais Limpa: Quadro que deve ser comparado ao resultado do checklist para indicar a classificação da empresa nos estágios de maturidade.
 - 2-Níveis de Capacidade das Práticas de Gestão de Produção mais Limpa: Quadro que define os níveis de capacidade para classificação das práticas.
 - 3-Questionário de avaliação: Questionário para avaliação do nível de capacidade das práticas de gestão e enquadramento da empresa no estágio de maturidade.
 - Apêndices: Lista com práticas de gestão (Apêndice A), práticas de operação (Apêndice B) e técnicas/ferramentas de Produção mais Limpa (Apêndice C) que podem ser utilizadas para apoiar as empresas a implantar as práticas de gestão para o avanço nos níveis de maturidade.
- Outros comentários e sugestões
 - Os especialistas teceram comentários e sugestões para explorar futuros usos do modelo após a finalização do estudo como o desenvolvimento de um guia empresarial e aplicação do modelo como forma de certificação ou premiação de empresas que aplicam Produção mais Limpa. Estas sugestões serão consideradas para indicar futuras pesquisas e formas de aplicação dos resultados deste estudo na seção 5-Conclusões.

As principais mudanças sugeridas pelos especialistas estão relacionadas com a simplificação das práticas por meio de eliminação de redundâncias e unificação, suavização da diferença do número de práticas entre os estágios, revisão das descrições dos níveis de maturidade e inclusão de critério de pontuação para as práticas.

Uma contribuição significativa também foi dada para melhoria do método de aplicação do modelo, sendo que foi sugerido um maior detalhamento de cada etapa e uso de um checklist para apoiar as empresas na avaliação do nível de maturidade em Produção mais Limpa. De uma forma geral, os especialistas acadêmicos e da indústria avaliaram que o modelo está bem representado graficamente e claro para aplicação pelos usuários. Além disso,

consideram que o modelo é um trabalho importante em direção da superação das barreiras enfrentadas hoje internamente pelas empresas para a aplicação da Produção mais Limpa.

4.6 Versão Final do Modelo de Maturidade com base na avaliação dos especialistas

Esta seção apresenta as melhorias realizadas e a versão final do Modelo Teórico de Maturidade de Produção mais Limpa de acordo com as sugestões e comentários realizados

As seções subsequentes apresentam as melhorias realizadas nos três elementos do modelo: Práticas de Produção mais Limpa (4.6.1), Níveis de Maturidade de Produção mais Limpa (4.6.2) e Método de Aplicação (4.6.3).

4.6.1 Melhorias nas Práticas de Produção mais Limpa

Após a revisão das sugerida pelos especialistas, a versão final do modelo contou com 53 práticas de gestão de Produção mais Limpa (Apêndice A) distribuídas entre os níveis de maturidade. A revisão contou com a simplificação e generalização das práticas por meio de eliminação de redundâncias e unificação das práticas com mesmo objetivo. Uma revisão da classificação de cada prática em seu nível de maturidade correto foi realizada para todas as práticas do modelo após a revisão por meio do cruzamento de suas descrições com a descrição do nível de maturidade. Essa revisão permitiu uma melhor distribuição do número de práticas entre os estágios, suavizando as diferenças encontradas para os níveis mais avançados (3, 4 e 5). O número de práticas distribuídas em cada nível encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2. Número de Práticas de Gestão contidas nos níveis do Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa

Nível	Número de Práticas
Nível 1	6
Nível 2	5
Nível 3	18
Nível 4	10
Nível 5	14

Os primeiros níveis de maturidade contém um número menor de práticas, pois estão atrelados ao início da escalada de maturidade da empresa para aplicação de Produção mais Limpa.

Por último, visando exemplificar as formas de aplicação, algumas práticas de gestão mais específicas foram incluídas como exemplos da forma de aplicação para algumas práticas de gestão conforme sugestão dos especialistas (Apêndice A).

4.6.2 Melhorias nos Níveis de Maturidade de Produção mais Limpa

Os Estágios de maturidade de Produção mais Limpa foram revisados e redefinidos de acordo com a combinação de duas dimensões: Níveis de Maturidade de Produção mais Limpa e Níveis de Capacidade da aplicação das Práticas de Gestão de Produção mais Limpa.

- Níveis de Maturidade de Produção mais Limpa: representam as etapas de evolução da empresa na implantação e integração da Produção mais Limpa em seu negócio
- Níveis de Capacidade das Práticas de Produção mais Limpa: representa quão bem uma prática de gestão está sendo aplicada pela empresa

4.6.2.1 Nível de Maturidade de Produção mais Limpa

A descrição dos níveis de maturidade 3 e 4 foram revisadas de acordo com as sugestões dos especialistas. A principal mudança realizada no nível 3 foi a inclusão de que neste nível a empresa contaria com uma equipe de Produção mais Limpa treinada para contribuir com soluções para melhoria do desempenho ambiental de processos e comunicação/conscientização sistemática de colaboradores de todos os níveis.

O treinamento sistemático de todos os níveis e áreas em Produção mais Limpa uma vez incluído no nível 3 foi transferido para o nível 4, estabelecendo dessa forma uma progressão lógica na qual ocorre o envolvimento inicial de uma parcela específica de pessoas (equipe de Produção mais Limpa) e comunicação sistemática do tema na empresa (nível 3) e posteriormente um treinamento sistemático de todos os níveis e áreas (nível 4). Os níveis de maturidade de Produção mais Limpa após a revisão realizada encontram-se descritos abaixo e representados graficamente na Figura 16:

Nível de Maturidade 1

A empresa não apresenta experiência em Produção mais Limpa e não aplica práticas para melhorar o desempenho ambiental em seus processos, produtos e cadeia de valor. Apenas controles de fim de tubo (tratamento) e disposição controlada de resíduos com a finalidade de atendimento legal são aplicados. Neste estágio, a empresa busca compreender o conceito de Produção mais Limpa e avaliar os benefícios de sua implantação dentro do contexto de seu negócio, mas ainda não realiza conscientização e treinamento de seus colaboradores.

Nível de Maturidade 2

A empresa toma os primeiros passos para aplicação da Produção mais Limpa. Reconhece práticas e potenciais benefícios, atuando por meio da aplicação de práticas pontuais e projetos piloto de Produção mais Limpa com ganhos incrementais relativos a custos e desempenho ambiental. A aplicação das práticas pontuais/projetos piloto é suportada pelo uso de técnicas e ferramentas de menor grau de complexidade. Neste estágio a empresa começa a disseminar os conceitos de Produção mais Limpa e conscientizar os seus colaboradores, utilizando os resultados positivos das práticas/projetos piloto já implantadas.

Nível de Maturidade 3

- A empresa reconhece a importância da Produção mais Limpa com base nos benefícios alcançados por meio das práticas pontuais/projetos pilotos. Neste estágio, a empresa possui um programa sistematizado de Produção mais Limpa. As práticas operacionais de Produção mais Limpa focam em processos por meio da aplicação de estratégias de reciclagem interna, *housekeeping* (boas práticas) e substituição de matérias primas. Conta com suporte da alta liderança, uma equipe de Produção mais Limpa treinada para contribuir com soluções para melhoria do desempenho ambiental de processos e comunicação/conscientização sistemática de colaboradores de todos os níveis.

Nível de Maturidade 4

- As práticas operacionais de Produção mais Limpa também passam a considerar as estratégias de modificação tecnológica em processos e produtos. A esfera de influência e aplicação da Produção mais Limpa é expandida para todas as áreas da empresa, incluindo áreas gerenciais, técnicas e operacionais. Os colaboradores de todos os níveis e áreas são treinados e aplicam soluções para melhoria do desempenho ambiental com foco nas estratégias de Produção mais Limpa relacionadas à redução na fonte.

Nível de Maturidade 5

- As questões ambientais (preventivas) estão incorporadas integralmente nas estratégias de negócios e processos decisórios da empresa junto a questões técnicas e econômicas. A empresa influencia e coopera com fornecedores e clientes para aplicação de conceitos de Produção mais Limpa fora dos limites da empresa (cadeia de valor).

Figura 16. Níveis de Maturidade de Produção mais Limpa

Fonte: Autoria própria

4.6.2.2 Nível de Capacidade das Práticas de Gestão de Produção mais Limpa

Os níveis de capacidade definem o quão bem as práticas de gestão de Produção mais Limpa estão sendo implantadas pelas empresas. Os níveis de capacidade foram elaborados com base nos CMMI (CHRISSIS et al., 2003) conforme abaixo:

- Nível de Capacidade 0 - Não Aplicável: a prática não é aplicável ao contexto da empresa;
- Nível de Capacidade 1 - Inexistente ou Incompleto: A prática de gestão de P+L não é aplicada ou é aplicada de forma incompleta pela empresa;
- Nível de Capacidade 2 - Ad hoc: a prática de gestão de P+L aplicada na forma ad hoc (com objetivo de resolver um problema de forma pontual, mas não de maneira formalizada ou sistemática);
- Nível de Capacidade 3 - Formalizado: a aplicação da prática de gestão de P+L é formalizada e documentada. A estrutura para suportar o processo é estabelecida. O processo é planejado e implantado de acordo com a política da empresa. Responsabilidades e recursos são definidos e alocados para produzir os resultados desejáveis;
- Nível de Capacidade 4 - Controlado: a aplicação da prática de gestão de P+L é formalizada e controlada, com medição e monitoramento do desempenho de sua aplicação. O processo é utilizado como referência para conduzir todos os projetos na empresa;
- Nível de Capacidade 5 - Otimizado: a avaliação de desempenho da aplicação da prática de gestão é avaliada e as informações são utilizadas para gerenciar a melhoria contínua do processo.

4.6.2.3 Estágios de Maturidade de Produção mais Limpa

O Quadro 13 apresenta os estágios de maturidade de Produção mais Limpa compostos pelos níveis de maturidade e níveis de capacidade.

Quadro 13. Estágios de Maturidade de Produção mais Limpa

		Níveis de Maturidade				
		E1	E2	E3	E4	E5
Práticas de Gestão	PE1	Nível de Capacidade 3	Nível de Capacidade 4	Nível de Capacidade 5	Nível de Capacidade 5	Nível de Capacidade 5
	PE2	-	Nível de Capacidade 3	Nível de Capacidade 4	Nível de Capacidade 5	Nível de Capacidade 5
	PE3	-	-	Nível de Capacidade 3	Nível de Capacidade 4	Nível de Capacidade 5
	PE4	-	-	-	Nível de Capacidade 3	Nível de Capacidade 5
	PE5	-	-	-	-	Nível de Capacidade 5

A determinação do estágio de maturidade da empresa deve ser realizada por meio da comparação do nível de capacidade das práticas de gestão de cada nível de maturidade. Desta forma, para a empresa estar classificada no estágio 1, é necessários que as práticas do nível 1 estejam aplicadas com nível de capacidade 3 (Formalizada). Para a empresa estar classificada no estágio 2 é necessário que as práticas de gestão do nível 2 estejam aplicadas com nível de capacidade 3 (Formalizada) e as práticas de gestão do nível 1 estejam aplicadas com nível de capacidade 4 (Controlado). A mesma progressão segue para os demais estágios de maturidade até o estágio 5.

Os estágios de maturidade podem utilizados pela empresa para avaliar o seu nível de maturidade atual em Produção mais Limpa e definir um caminho e nível maior de maturidade no qual a empresa deseje se enquadrar.

Esta seção apresentou o Modelo de Maturidade Teórico de Produção mais Limpo revisado após as sugestões de melhoria fornecidas pelos especialistas da academia e indústria.

4.6.3 Melhorias nos Método de Aplicação

O método de aplicação é um passo a passo detalhado, baseado em uma estrutura de melhoria contínua, estabelecido para auxiliar as empresas a aplicarem o Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa e avançarem continuamente nos estágios de maturidade de Produção mais Limpa. O método de aplicação compreende 4 etapas que foram melhor detalhadas após as sugestões dos especialistas (Figura 17).

Figura 17. Método de Aplicação do Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa

Fonte: Autoria própria

1 - Diagnóstico do estágio de maturidade atual

Esta etapa possui o objetivo de identificar quais práticas de gestão de Produção mais Limpa estão sendo aplicadas pela empresa, qual o nível de capacidade de cada uma dessas práticas e qual estágio de maturidade da empresa de acordo com a percepção de um grupo multidisciplinar pré-estabelecido.

A empresa somente poderá considerar-se em um determinado estágio, caso todas as práticas de gestão que fazem parte daquele estágio tiverem sido implantadas. Para o caso de alguma prática não ser aplicável dentro do contexto específico de uma empresa, este fato poderá ser registrado e justificado e a empresa poderá considerar-se em determinado estágio, mesmo não tendo aplicado a prática.

O primeiro passo para avaliar o estágio de maturidade atual da empresa é definir um grupo multidisciplinar composto por pessoas de diferentes funções e níveis hierárquicos os quais estarão envolvidos com a aplicação de Produção mais Limpa na empresa durante todo o ciclo. A criação de um grupo diverso tem o objetivo de prover uma visão mais abrangente da aplicação das práticas de gestão de Produção mais Limpa na empresa.

O diagnóstico do estágio atual de maturidade em Produção mais Limpa compreende a execução de uma análise e discussão conjunta dos membros do grupo multidisciplinar utilizando um questionário estruturado para avaliação do estágio de maturidade (Apêndice D). A análise conjunta realizada pelos membros do grupo multidisciplinar visa criar um momento específico para estimular a discussão e consenso sobre a maturidade da empresa.

Uma pessoa definida pela empresa deverá ser designada para coordenação e condução da análise conjunta de acordo com os seguintes passos:

- a) Introdução: Apresentar o objetivo da reunião, o conceito de Produção mais Limpa, os motivos que levam a empresa a aplicar e evoluir em Produção mais Limpa, o conceito do Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa (Níveis de Maturidade, Práticas de Gestão e Níveis de Capacidade, Método de Aplicação), papéis dos membros do grupo multidisciplinar e formato de avaliação que será realizado na reunião para avaliação da maturidade em Produção mais Limpa (questionário).

- b) Questionário para avaliação da maturidade em Produção mais Limpa: a aplicação do questionário compreende discussão entre os membros do comitê sobre a aplicação e nível de capacidade de cada uma das práticas distribuídas entre os níveis de maturidade. Os membros são estimulados a justificar e prover evidências para o seu ponto de vista sobre a aplicação de para cada uma das práticas e buscar um consenso. Após a discussão e consenso entre os membros do grupo, o nível de capacidade da prática e uma justificativa para seu enquadramento deverão ser redigidas nos campos designados do questionário. De acordo com os níveis de capacidade determinados para as práticas de gestão, o estágio de maturidade de Produção mais Limpa atual da empresa deverá ser determinado (Quadro 14). Posteriormente a essa reunião, os membros do grupo deverão encaminhar as evidências para o nível de capacidade de cada uma das práticas. As evidências deverão ser armazenadas e estar prontamente disponíveis nos arquivos da empresa.

2 - Definição das práticas de P+L a serem aplicadas

Esta é a etapa que determina a situação futura que a empresa deseja atingir. Uma vez que o estágio atual de maturidade da empresa foi determinado, a empresa deverá definir as práticas de gestão de Produção mais Limpa que deverão ser implantadas e qual o seu respectivo nível de capacidade de acordo com o estágio de maturidade que pretende alcançar dentro do ciclo vigente. O ritmo de avanço na maturidade de Produção mais Limpa deverá ser determinado por cada empresa de acordo com o seu contexto e recursos disponíveis para o ciclo vigente. Dessa forma, a empresa poderá optar por avançar seguindo a implantação das práticas estabelecidas de acordo com os estágios de maturidade ou escolher práticas específicas distribuídas nos estágios de maturidade as quais deseja implantar ou melhorar no ciclo atual.

Para determinar as práticas de gestão que serão implantadas, a empresa deverá definir a meta a ser alcançada ao final do ciclo de melhoria. Essa meta poderá ser o avanço em um estágio de maturidade, implantação de práticas de gestão ou melhoria do nível de capacidade de práticas de gestão previstas no modelo. Uma vez definidas as práticas de gestão, se faz necessário determinar a ordem de prioridade de implantação das práticas de gestão de acordo com as suas relações de interdependência descritas na seção 4.2.6. Após a priorização, uma análise de correlação deverá ser realizada entre as práticas de gestão (Apêndice A), práticas operacionais (Apêndice B) e técnicas/ferramentas (Apêndice C).

As práticas operacionais e as técnicas/ferramentas poderão ser utilizadas para suportar a implantação das práticas de gestão (Seção 4.2.6). A seleção das práticas operacionais e técnicas/ferramentas que suportarão a implantação das práticas de gestão poderá ser realizada de acordo com as classificações estabelecidas nas seções (4.2.3; 4.2.4; 4.2.5 e 4.2.6) e apresentadas nos Apêndices A, B e C.

Na sequência, se faz necessário a realização do planejamento dos projetos de implantação para as práticas de gestão selecionadas conforme meta estabelecida (incluindo escopo, recursos, cronograma, partes interessadas, responsabilidades, indicadores de desempenho, entre outros). Os projetos de melhoria que serão realizados deverão contar com a meta a ser atingida, uma descrição das práticas de gestão que serão implantadas e seus respectivos níveis de capacidade e uma descrição das práticas operacionais e técnicas/ferramentas que serão utilizadas para suportar a implantação das práticas de gestão.

Ao final desta etapa, a empresa deverá comunicar amplamente para todos os colaboradores da companhia o nível de maturidade atual pretendido no final do ciclo (meta), bem como os projetos que serão realizados para a implantação das práticas de gestão com o objetivo de informá-los sobre o processo e engajá-los no avanço da maturidade em Produção mais Limpa.

3 - Implantação das práticas de P+L

Neste passo, as práticas de gestão são implantadas de acordo com o planejamento definido na etapa anterior. É fundamental que o avanço dos projetos definidos seja acompanhado e comunicado pelo grupo multidisciplinar instaurado no início do ciclo em reuniões periódicas de forma que a sua implantação seja garantida. O acompanhamento deverá ser realizado por meio do acompanhamento periódico do cronograma e dos indicadores de desempenho estabelecidos para os projetos de melhoria que visam à implantação das práticas de gestão.

4 – Avaliação de resultados

Uma vez implantadas as práticas, os resultados obtidos deverão ser avaliados por meio de indicadores de desempenho definidos pela companhia. Uma vez finalizado o ciclo, a empresa deverá realizar nova avaliação para identificar se a meta estabelecida no ciclo anterior foi atingida e comunicar todos os funcionários sobre os resultados obtidos.

Um mecanismo de recompensa pelo alcance dos resultados deverá ser aplicado nesta etapa para reconhecer aqueles projetos e responsáveis que cumpriram seus objetivos e contribuíram para o avanço da maturidade em Produção mais Limpa da empresa.

Esta seção apresentou o Método de Aplicação do Modelo de Maturidade Teórico de Produção mais Limpo revisado após as sugestões de melhoria fornecidas pelos especialistas da academia e indústria.

5. CONCLUSÕES

Esta seção apresenta as conclusões do presente estudo e propostas para futuros trabalhos.

A Produção mais Limpa é uma estratégia ambiental preventiva que surgiu com o objetivo de reduzir a poluição na fonte, dessa forma possibilitando uma maior eficiência ambiental nas empresas e consequentemente redução de uso de recursos naturais. A aplicação das práticas de Produção mais Limpa têm apresentado muitos casos de êxito nas empresas ao redor do mundo, promovendo melhorias ambientais, operacionais e econômicas em diferentes setores da indústria. Apesar dos seus benefícios, ainda existem barreiras que dificultam a sua ampla adoção e disseminação nas organizações como a sua aplicação pontual e pouco integrada à gestão das empresas, a falta um padrão ou modelo para definir princípios e processos de implantação e informações detalhadas e sistematizadas de técnicas e ferramentas que possam gerar resultados e guiar a sua implantação.

Dessa forma, visando contribuir para a superação dessas barreiras organizacionais, o Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa foi desenvolvido de forma teórica com base na abordagem dedutiva. A versão teórica do modelo foi desenvolvida com base na revisão da literatura e posterior avaliação de especialistas da academia e da indústria. O modelo concebido conta com três elementos principais: Práticas de Gestão, Níveis de Maturidade e Método de aplicação. Uma revisão sistemática da literatura realizada com objetivo de sistematizar e compilar práticas, técnicas e ferramentas para o modelo, identificou inicialmente um total de 159 práticas de gestão, 197 práticas operacionais e 79 técnicas/ferramentas. A avaliação da primeira versão do modelo por especialistas permitiu incorporar a visão da academia e empresarial para tornar o modelo completo e aderente ao objetivo de oferecer um caminho de evolução prático, simples e efetivo para as empresas que desejam implantar a Produção mais Limpa.

Neste sentido, as práticas de gestão foram unificadas e simplificadas, sendo que a versão final do modelo de maturidade conta com um total de 53 práticas de gestão, foram criados níveis de capacidade para avaliação do quanto cada prática está implantada na empresa, os estágios de maturidade foram redefinidos com base nas práticas de gestão aplicadas e seu respectivo nível de capacidade e as etapas do método de aplicação foram detalhadas, incluindo o desenvolvimento de um questionário de avaliação de maturidade para instrumentalizar as empresas na aplicação do modelo de maturidade.

Dessa forma, a aplicação do Modelo de Maturidade de Produção mais Limpa pode oferecer para as empresas:

- 1- Um guia simples e prático para implantar a produção mais Limpa de forma sistemática na companhia por meio da avaliação do estágio atual de maturidade da empresa, estabelecimento do estágio pretendido e definição de qual o caminho deve ser seguido para que a empresa o alcance.
- 2- Um conjunto de práticas de gestão, práticas operacionais e técnicas/ferramentas sistematizadas por meio de revisão bibliográfica sistemática para instrumentalizar as empresas na aplicação e avanço na maturidade em Produção mais Limpa
- 3- Uma modelo simples e visual de comunicação da maturidade da empresa em Produção mais Limpa para todos os níveis hierárquicos, desde a alta liderança até os níveis de operação.

Pode-se concluir que os objetivos estabelecidos para este estudo foram atingidos por meio do estabelecimento de um modelo de maturidade teórico simples e visual, embasado pela avaliação e sugestões de melhoria de especialistas da academia e indústria, que visa ser utilizado como um guia para a avaliação e avanço da aplicação de Produção mais Limpa nas empresas em estágios sequenciais de maturidade.

As limitações desse trabalho estão relacionadas à abrangência da avaliação e aplicação do modelo de maturidade proposto. Após a concepção da sua primeira versão, o modelo teórico foi avaliado por um especialista acadêmico e especialistas de duas empresas. O modelo não foi ainda testado em uma aplicação prática para avaliação de maturidade em uma empresa. Essas limitações abrem as portas para futuros trabalhos que visem testar o modelo em empresas e melhorá-lo continuamente. Dessa forma, futuros estudos poderão focar no desenvolvimento empírico do modelo por meio da aplicação de pesquisa ação e teste da teoria com a realização de estudos de caso para testar a aplicação do modelo em empresas. Além disso, um guia poderá ser desenvolvido para utilização empresarial e aplicação do modelo como forma de certificação ou premiação de empresas que aplicam Produção mais Limpa.

6. REFERÊNCIAS

ALAKESON, V.; SHERWIN, C. **Innovation for Sustainable Development: a Forum for the Future Report**, London, UK, 2004.

ARAÚJO, J. B. **Desenvolvimento de método de avaliação de desempenho de processos de manufatura considerando parâmetros de sustentabilidade**. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 9004:2010. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR **ISO 14.001: Sistemas de gestão ambiental - Requisitos com orientação para uso**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2015.

ASSOCIATION OF BUSSINESS PROCESS MANAGEMENT PROFESSIONALS. **Guia para o gerenciamento de processos de negócio**, Corpo Comum de Conhecimento 3.0, 2013.
BACKER, P. **Environmental management: the green management**. Quality Mark, 2.ed., 2002.

BAI, S.; ZHANG, J.; WANG, Z. A methodology for evaluating cleaner production in the stone processing industry: case study of a Shandong stone processing firm. **Journal of Cleaner Production**, v. 102, p. 461-476, 2015.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Edições 70. 1 ed., 1977.

BEARD, C.; REES, S. Green teams and the management of environmental change in a UK county council. *Environmental Management and Health*, v. 11, p. 27-38, 2000.

BERKEL, R. V. Cleaner Production perspectives 1: CP and industrial development. **UNEP Industry and Environment**, v. 24, p. 28-32, 2001.

BIOLCHINI, J.; MIAN, P.G.; NATALI, A.C.C.; TRAVASSOS, G.H. **Systematic review in software engineering**. Rio de Janeiro, 2005.

BIRCH, A., HON, K. K. B., SHORT, T. Structure and output mechanisms in Design for Environment (DfE) tools. **Journal of Cleaner Production**, v. 35, p. 50-58, 2012.

BIRCH, A.; HON, K. K. B.; SHORT, T. Structure and output mechanisms in Design for Environment (DfE) tools. **Journal of Cleaner Production**, v. 35, p. 50-58, 2012.

BISWAS, W. K. The importance of industrial ecology in engineering education for sustainable development. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 13, 119-132, 2012.

BOKS, C.; STEVELS, A. Essential perspectives for design for environment, **Experiences from Eletronics industry**, v. 45, n. 28, p. 4021-4039, 2007.

BOONS, F.; LÜDEKE-FREUND, F. Business models for sustainable innovation: state-of-the-art and steps towards a research agenda. **Journal of Cleaner Production**, v. 45, p. 9-19, 2013.

BORCHARDT, M.; WENDT, M. H.; PEREIRA, G. M.; SELLITTO, M. A. Redesign of a component based on ecodesign practices: environmental impact and cost reduction achievements. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, p. 49-57, 2011.

CAGNO, E.; TRUCCO, P.; TARDINI, L. Cleaner production and profitability: analysis of 134 industrial pollution prevention (P2) projects reports. **Journal of Cleaner Production**, v. 13, p. 593-605, 2005.

CALIA, R. C.; GUERRINI, F. M. Estrutura organizacional para a difusão da produção mais limpa: uma contribuição da metodologia seis sigma na constituição de redes intra-organizacionais. **Gestão & Produção**, v. 13, p. 531-543, 2006.

CALIA, R. C.; GUERRINI, F. M.; DE CASTRO, M. The impact of Six Sigma in the performance of a pollution prevention program. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, p.1303- 1310, 2009.

CAMPOS, L. M. S. Environmental management systems (EMS) for small companies: a study in Southern Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 32, p. 141-148, 2012.

CAMPOS, L. M. S. Environmental management systems (EMS) for small companies: a study in Southern Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 32, p. 141-148, 2012.

CAPPARELLI, H.F. **Sistema de Gestão Ambiental e Produção mais Limpa**: Análise de práticas e interação dos sistemas. 2010. 234p. Dissertação de mestrado apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

CARNEGIE MELLON INSTITUTE. CMMI para Desenvolvimento – Versão 1.2. Pittsburgh: [s.n]. Disponível em: <http://www.sei.cmu.edu/library/assets/whitepapers/cmmi-dev_1-2_portuguese.pdf> Acesso em: 16 mar. 2016.

CARVALHO, M.M.; FLEURY, A.; LOPES, A.P. An overview of the literature on technology roadmapping (TRM): contributions and trends. **Technological Forecasting & Social Change**, 2013.

CHEHEBE, J. R. B. **Análise do ciclo de vida de produtos**: ferramenta gerencial da ISO 14000. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997.

CHEN, C.; MONAHAN, G. E. Environmental safety stock: The impacts of regulatory and voluntary control policies on production planning, inventory control, and environmental performance. **European Journal of Operational Research**, v. 207, p. 1280-1292, 2010.

CHEN, L.; WANG, L.; WU, X.; DING, X. A process-level water conservation and pollution control performance evaluation tool of cleaner production technology in textile industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 143, p. 1137-1143, 2017.

CHIARINI, A. Strategies to developing an environmentally sustainable supply chain: differences between manufacturing and service sectors. **Business Strategy and the Environment**. v. 504, p. 493-504, 2003.

CHRISSIS M.B.; KONRAD, M.; SHRUM, S. **CMMI (Capability Maturity Model Integration)**: Guidelines for process integration an product development. Boston: Addison-Wesley, 2003

CHRISTIE, I., ROLFE, H., LEGARD, R. **Cleaner Production in Industry**. PSI Publishing, London, 1995.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - BRASIL. **Manual para implementação de um programa de Prevenção à Poluição**, 4 ed., 2002.

CONFORTO, E.C.; AMARAL, C.D.; SILVA, S.S. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. **8 Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto – CBGDP**, Porto Alegre, 2011.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Guia da produção mais Limpa - faça você mesmo**, 2003.

DAILY, B.F.; HUANG, S. Achieving sustainability through attention to human resource factors in environmental management. **International Journal of Operations and Production Management**, v.21, p. 1539-52, 2001.

DANIHELKA, P. Subjective factors of Cleaner Production - parallel to risk perception? **Journal of Cleaner Production**, v. 12, p. 581-584, 2004.

DEMING, W. E. **Out of the crisis**. 2nd ed. Cambridge: MIT Center for Advanced Educational Services, 1986.

DENTON, K.D. Employee involvement, pollution control and pieces to the puzzle. **Environmental Management and Health**, v. 10, p. 105-111, 1999.

DOBES, V. New tool for promotion of energy management and cleaner production on no cure, no pay basis. **Journal of Cleaner Production**, v. 39, p. 255-264, 2013.

DOVI, V.G., FRIEDLER, F., HUISINGH, D., KLEMES, J.J. Cleaner energy for sustainable future. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, p. 889-895, 2009.

DUTCH MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS. **Manual for the Prevention of Waste and Emission**. Holanda, 1991.

EDWARDS, K. L. Towards more strategic product design for manufacture and assembly: priorities for concurrent engineering. **Materials & Design**, v. 23, p. 651- 656, 2002.

ENVIRONMENT AGENCY CANADA. Pollution Prevention Handbook. Disponível em: <<http://www.ec.gc.ca/planp2-p2plan/default.asp?lang=En&n=56875F441&offset=3&toc=show>>. Acesso em: 11 mai. 2016.

EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY. Cleaner production: A guide to information sources. Disponível em: <<http://teclim.ufba.br/jsf/producao1/eu%20cp%20%20review.PDF>> Acesso em 04 fev. 2016.

EZATOLLAH, K. Appropriateness of farmers' adoption of irrigation methods: the application of the AHP model. **Agricultural Systems**, v. 87, p. 101-119, 2006.

FERNÁNDEZ, E.; JUNQUERA, B.; ORDIZ, M. Organizational culture and human resources in the environmental issue: a review of the literature. **International Journal of Human Resources Management**, v, 14, p. 634-656, 2003.

FIJAL, T. An environmental assessment method for cleaner production technologies. **Journal of Cleaner Production**, v. 15, p. 914-919, 2007.

FRANKE, B.; GROTHE-SENF, A. Avaliação de desempenho ambiental ampliado (adaa): um modelo para comparação de empresas. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 5 , p. 16-21, 2006.

FRESNER J. Cleaner production as a means for effective environmental management. **Journal of Cleaner Production**, v. 6, p. 171-179, 1998.

FRESNER J., KELLERMAN J., SEBESTA B., SCHNITZER H. Ecoprofit–Styria– prepare. **2nd European Roundtable on Cleaner Production Programs**, Rotterdam, 1995.

FRIJNS, J.; VAN VLIET, B. Small-scale industry and cleaner production strategies. **World Development**. v. 27, p. 967-983, 1999.

FRONDEL, M.; HORBACH, J.; RENNINGS, K. End-of-Pipe or Cleaner Production? An Empirical Comparison of Environmental Innovation Decisions Across OECD Countries. **Wiley Interscience**, v. 16, p. 571-584, 2007.

FUSSLER, C.; JAMES, P. **Driving Eco-Innovation**: a breakthrough discipline for innovation and sustainability. Pitman Publishing, London, 1996.

GALE, R. Environmental management accounting as a reflexive modernization strategy in cleaner production. **Journal of Cleaner Production**, v. 14, p. 1228-1236, 2006.

GAVIN, H., VISHAL, N. Environmental management system implementation in the mining industry: a key to achieving cleaner production. **International Journal of Mineral Processing**, v. 64, 19-41, 2002.

GAZIULUSOY, A., BOYLE, C., & MCDOWALL, R. System innovation for sustainability: a systemic double-flow scenario method for companies. **Journal of Cleaner Production**, v. 45, p. 104-116, 2012.

GAZIULUSOY, A.; BOYLE, C.; MCDOWALL, R. System innovation for sustainability: a systemic double-flow scenario method for companies. **Journal of Cleaner Production**, v. 45, p. 104-116, 2012.

GHANNADZADEH, A.; SADEQZADEH, M. Exergy analysis as a scoping tool for cleaner production of chemicals: a case study of an ethylene production process. **Journal of Cleaner Production**, v.129, p. 508-520, 2016.

GIACCHETTI, M. C. M.; AGUIAR, A. O. Cleaner Production: A Bibliometric Study in Scopus Data Base. **Advances in Cleaner Production, Proceedings of the 5th Workshop**. UNIP, p. 49-49, 2015.

GIL, A.C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. Editora Atlas, 6ª ed., São Paulo, 2008.

GILL, J.; JOHNSON, P. **Research methods for managers**. 3rd ed. London: SAGE Publications Ltd, 2002.

GONZÁLEZ, P.R. Analysing the factors influencing clean technology adoption: a study of the Spanish pulp and paper industry. **Business Strategy and the Environment**, v. 14, p. 20-37, 2005.

GOVINDARAJURU, N.; DAILY, B.F. Motivating employees for environmental improvement. **Industrial Management and Data Systems**, v. 104, p. 364-72, 2004.

GRAVILESCU, M. Proactive environmental strategies through cleaner production. **Proceedings of 9th International Environmental Science and Technology**. Rhodes Island, Greece, 2005.

GUIMARÃES, J.C.F.; SEVERO, E.A.; SENNA, P. Critérios de produção mais Limpa e Maturidade de Gestão de Projetos: Uma Análise de Structural Equation Modeling em Indústrias Brasileiras. **International Workshop Advances in Cleaner Production**, São Paulo, 2015.

GVCES CENTRO DE ESTUDOS DE SUSTENTABILIDADE DA FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. Índice de Sustentabilidade Empresarial. Disponível em: <<http://isebvmf.com.br/?r=site/conteudo&id=1>> Acesso em: 01 mai. 2016.

HALE, M. Ecolabeling and cleaner production: principles, problems, education and training in relation to the adoption of environmentally sound production processes. **Journal of Cleaner Production**, v. 4, p. 85-95, 1996.

HALLSTEDT, S. I.; THOMPSON, A. W.; & LINDAHL, P. Key elements for implementing a strategic sustainability perspective in the product innovation process. **Journal of Cleaner Production**, v. 51, p. 277-288, 2013.

HARRINGTON, D. R. Two-stage adoption of different types of pollution prevention (P2) activities. **Resource and Energy Economics**, v. 34, p. 349-373, 2012.

HAUSCHILD, M.; JESWIET, J.; ALTING, L. From Life Cycle Assessment to sustainable production: Status and perspectives. **CIRP ANNALS-Manufacturing Technology**, v. 54, p. 535-554, 2005.

HILLARY, R.; THORSEN, N.. Regulatory and self-regulatory measures as routes to promote cleaner production. **Journal of Cleaner Production**, v. 7, p. 1-11, 1999.

HILSON G., NAYEE, V. Environmental management system implementation in the mining industry: a key to achieving cleaner production. **International Journal of Mineral Processing**, v. 64, p. 19-41, 2002.

HILSON, G. Barriers to implementing cleaner production technologies and cleaner production (CP) practices in the mining industry: A case of the Americas. **Minerals Engineering**, v. 13, p. 699- 717, 2000.

HILSON, G. Defining “cleaner production” and “pollution prevention” in the mining context. **Minerals Engineering**, v. 16, p. 305-321, 2003.

HONG, J.; LI, X. Speeding up cleaner production in China through the improvement of cleaner production audit. **Journal of Cleaner Production**, v. 40, p. 129-135, 2013.

HOQUE, A.; CLARKE, A. Greening of industries in Bangladesh: pollution prevention practices. **Journal of Cleaner Production**, v. 51, p. 47-56, 2013.

HOWGRAVE-GRAHAM, A.; VAN BERKEL, R. Assessment of cleaner production uptake: method development and trial with small businesses in Western Australia. **Journal of Cleaner Production**, v. 15, p. 787-797, 2007.

HSU, C.W.; LEE, W.H.; CHAO, W.C. Materiality analysis model in sustainability reporting: a case study at Lite-On Technology Corporation. **Journal of Cleaner Production**, v. 57, p. 142-151, 2013.

HUANG, Y., LUO, J., XIA, B. Application of cleaner production as an important sustainable strategy in the ceramic tile plant - a case study in Guangzhou, China. **Journal of Cleaner Production**, v.43, p. 113- 121, 2013.

HUWART, J.Y., L. VERDIER. **Economic Globalisation: Origins and Consequences**, OECD Insights, OECD Publishing, 2013.

IGARASHI, M.; DE BOER, L.; FET, A. M. What is required for greener supplier selection? A literature review and conceptual model development. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 19, p. 247-263, 2013.

JIA L., ZHANG Y., TAO L., JING H., BAO S. A methodology for assessing cleaner production in the vanadium extraction industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 84, p. 598-605, 2014.

JIMÉNEZ, J. B. L.; LORENTE, J. J.C. Environmental performance as an operations objective. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 21, p. 1553-1572, 2001.

JOHNSON D., WALCK C. Certified success: integrating sustainability into corporate management systems. **Journal of Forestry**, v. 102, p. 32-39, 2004.

KALAVAPUDI, M. **Pollution prevention incentives, barriers, regulations and state programmes.** In: Freeman, H.M. (Ed.), *Industrial Pollution Prevention Hand-book*. McGraw-Hill, New York, p. 85-97, 1995.

KARLSSON, C. **Researching Operations Management.** 1ed. New York: Routledge, 2009.

KHALILI, N.R.; ROA-GUTIÉRREZ, F.; CHÁVES-ABARCA, R.; JAUBERT-SOLANO, W.; VALERIO-VINDAS, J.J. Critérios de produção mais Limpa e Maturidade de Gestão de Projetos: Uma Análise de Structural Equation Modeling em Indústrias Brasileiras. **International Workshop Advances in Cleaner Production**, São Paulo, 2015.

KHAN, Z. Cleaner production: an economical option for ISO certification in developing countries. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, p. 22-27, 2008.

KIPERSTOK, A.; ESQUERRE, K.; KALID, R.; SALES, E., & OLIVEIRA, G. Rationalizing the Use of Water in Industry. Part 1: summary of the instruments Developed by the Clean Technology Network in the State of Bahia and Main Results Obtained. **Journal of Environmental Protection**, v. 4, p. 486-496, 2013.

KLIMKO, G. Knowledge management and maturity models: Building common understanding. Second European Conference on Knowledge Management. **Anais ...** p. 269-278, Slovenia, 2001.

KNIGHT, A., HARRINGTON, J. H. **A implementação da ISO 14001:** Como atualizar o sistema de gestão ambiental com eficácia. Atlas. 1 ed., 2001.

KOHLEGGGER, M.; MAIER, R.; THALMANN, S. Understanding Maturity Models. Results of a structured content analysis. Proceedings of I-KNOW'09 and I-SEMANTICS'09. **Anais...** p. 51-61, 2009.

KUBOTA, F.I.; DA ROSA, L.C. Identification and conception of cleaner production opportunities with the Theory of Inventive Problem Solving. **Journal of Cleaner Production**, v. 47, p. 199-2010, 2013.

LAFORREST, V., RAYMOND, G., PIATYSZEK, E. Choosing cleaner and safer production practices through a multi-criteria approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 47, p. 490-503, 2013.

LANCASTER, G. **Research methods in management**: a concise introduction to research in management and business consultancy. 1st ed. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005.

LIU, C.; ZHANG, K. Industrial ecology and water utilization of the marine chemical industry: A case study of Hai Hua Group (HHG), China. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 70, p. 78-85, 2013.

LUKEN, R., ROMPAEY, F.V. Drivers for and barriers to environmentally sound technology adoption by manufacturing plants in nine developing countries. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, p 667e 677, 2008.

LUKEN, R.; NAVRATIL, J.; HOGSTED, N. Technology transfer and the UNIDO/UNEP National Cleaner Production Centres Programme. **International Journal of Environmental Technology and Management**, v. 2, p. 107-117, 2003.

MAIER, A. M.; MOULTRIE, J.; CLARKSON, P. J. Assessing Organizational Capabilities: Reviewing and Guiding the Development of Maturity Grids. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 59, p. 138-150, 2012.

MEDEIROS, D.D., CALABRIA, F. A., SILVA, G.C.S., FILHO, J.C.G.S. Aplicação da Produção mais Limpa em uma empresa como ferramenta de melhoria contínua. **Produção**, v. 17, p. 109-128, 2007.

MESTL, H.E.S., AUNAN, K., FANG, J., SEIO, H.M., SKJELVIK, J.M., VENNEMO, H. Cleaner production as climate investment - integrated assessment in Taiyuan City, China. **Journal of Cleaner Production**, v.13, p. 57-70, 2005.

METIN, D., IHSAN, Y., MUSTAFA, K. A fuzzy analytic network process (ANP) model to identify faulty behavior risk (FBR) in work system. **Safety Science**, v. 46, p. 771-783, 2008.

MILLER, G., BURKE, J., MCCOMAS, C., DICK, K. Advancing pollution prevention and cleaner production USA's contribution. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, p. 665-672, 2008.

MILLIMAN J., CLAIR, J. **Best environmental HRM practices in the USA**. In: WEHRMEYER, W. (Eds.). *Greening people: human resource and environmental management*. New York: Greenleaf, 1996.

MIN, J.; AZEVEDO, I. L.; MICHALEK, J.; & BRUIN, W. B. Labeling energy cost on light bulbs lowers implicit discount rates. **Ecological Economics**, v. 97, p. 42-50, 2014.

MING-LANG, T., LIN, Y., ANTHONY, S., CHIU, F. Fuzzy AHP-based study of cleaner production implementation in Taiwan PWB manufacturer. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, p. 1249-1256, 2009.

MOORS, E.H.M., MULDER, K.F., VERGRAGT, P.J. Towards cleaner production: barriers and strategies in the base metals producing industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 13, p. 657-668, 2005.

MUCHIE, M. Are the UN programmes of national cleaner production centres necessary for introducing cleaner production practices in industry? **Science and Public Policy**, v. 27, p. 375-385, 2000.

MUNSAMY, M.; TELUKDARIE, A.; ZHANG, W. Cleaner Technology Systems for Surface Finishing: Evaporative Coolers for Close Circuiting Low Temperature Plating Process. **Journal of Cleaner Production**, v. 66, p. 664- 671, 2014.

MURILLO-LUNA, J.L., GARCES-AYERBE, C., RIVERA-TORRES, P. Barriers to the adoption of proactive environmental strategies. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, p. 1417- 142, 2011.

NGUGI, I. K.; JOHNSEN, R. E.; ERDÉLYI, P. Relational capabilities for value co-creation and innovation in SMEs. **Journal of Small Business and Enterprise Development**, v. 17, p. 260-278, 2010.

NILSSON, H.; TUNÇER, B.; THIDELL, A. The use of eco-labeling like initiatives on food products to promote quality insurance – is there enough credibility? **Journal of Cleaner Production**, v. 12, p. 517-526, 2004.

NILSSON, L., PERSSON, P.O., RYDEN, L., DAROZHKA, S., ZALIAUSKIENE, A. **Cleaner production: Technologies and tools for resource efficient production**. The Baltic University Press. 1 ed., 2007.

OLIVEIRA, G.C.N.; FILHO, M.G.; GANGA, G.M.D.; NAAS, I.A.; VENDRAMETTO, O. Princípios e ferramentas da produção mais limpa: um estudo exploratório em empresas brasileiras. **Gestão da Produção**, v. 22, p. 326-344, 2015.

OLIVEIRA, J.A.; OLIVEIRA, O.J.; OMETTO, A.R.; FERRAUDO, A.S.; SALGADO, M.H. Environmental Management System ISO 14001 factors for promoting the adoption of Cleaner Production practices. **Journal of Cleaner Production**, v. 133, p. 1381-1394, 2016.

OLIVEIRA, J.F.G.; ALVES, S.M. Adequação ambiental dos processos usinagem utilizando Produção mais Limpa como estratégia de gestão. **Produção**, v. 17, n. 1, p. 129-138, 2007.

ORTEGON, K.; NIES, L. F.; SUTHERLAND, J. W. Preparing for end of service life of wind turbines. **Journal of Cleaner Production**, v. 39, p. 191-199, 2013.

PASCUAL, O.; STEVELS, A.B. Ecodesign in industry is not an environmental issue. Proceedings of Eletronic Goes Green. **Anais...** p. 855-859, 2004.

PERRON, G.M.; CÔTE, R.P.; DUFFY, J.F. Improving environmental awareness training in business. **Journal of Cleaner Production**, v. 14, p. 551-562, 2006.

PIGOSSO, D. C. A.; ROZENFELD, H.; MCALOONE, T. C. Ecodesign maturity model: a management framework to support ecodesign implementation into manufacturing companies. **Journal of Cleaner Production**, v. 59, p. 160-173, 2013.

PIMENTA, H.C.D.; GOUVINHAS, R.P. A produção mais limpa como ferramenta da sustentabilidade empresarial: um estudo no estado do Rio Grande do Norte. **Produção**, v. 22, n. 3, p. 462-476, 2012.

POLTRONIERE, C.F. **Avaliação do grau de maturidade dos Sistemas de Gestão Integrados (SGI)**. 2014. Dissertação de mestrado apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

POPPELBUS, J.; ROGLINGER, M. What makes a useful maturity model? A framework of general design principles for maturity models and its demonstration in business process management. ECIS 2011 Proceedings. **Anais...** p. 28-40, 2011.

PRAHALAD, C. K., & RAMASWAMY, V. **O futuro da competição**: como desenvolver diferenciais inovadores em parceria com os clientes . Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Disponível em: <
<https://brasil.pmi.org/brazil/AboutUS/WhatisPMI.aspx> > Acesso em: 10 jan. 2017.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Organizational Project Management Maturity Model (OPM3)**. Pennsylvania: PMI 2003.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **PMBOK Guide**: a guide to the project management body of knowledge. 4 ed., 2008.

RIGOLA, M. **Producción limpia**. Rubes, Barcelona, 1998.

RITTHOFF, M.; ROHN, H.; LIEDTKE, C. Calculating MIPS 2.0. **Resources**, v. 2, p. 581-607, 2013.

ROBERT, K.H.; SCHMIDT-BLEEK, B.; DE LARDEREL, J.A.; BASILE, G.; JANSEN, J.L.; KUEHR, R.; THOMAS, P.P.; SUZUKI, M.; HAWKEN, P.; WACKERNAGEL, M. Strategic sustainable development - selection, design and synergies of applied tools. **Journal of Cleaner Production**, v. 10, p. 197-214, 2002.

ROGERS, D.; TIBBEN-LEMBKE, R. An examination of reverse logistics practices. **Journal of Business Logistics**, v. 22, p. 129-148, 2001.

ROGERS, K.; SEAGER, T. P. Environmental decision-making using life cycle impact assessment and stochastic multiattribute decision analysis: a case study on alternative transportation fuels. **Environmental Science & Technology**, v. 43, p. 1718-1723, 2009.

ROMERO-GÁMEZ, M.; SUÁREZ-REY, E.M.; ANTÓN, A.; CASTILLA, N.; SORIANO, T. Environmental impact of screen house and open-field cultivation using a life cycle analysis: The case study of green bean production. **Journal of Cleaner Production**, v. 28, p. 63-69, 2012.

SATURNINO, A.; JABBOUR, C.J.C. Guidelines for improving the adoption of cleaner production in companies through attention to nontechnical factors: a literature review. **African Journal on Business Management**. v. 4, p. 4217-4229, 2010.

SCHMIDT-BLEEK, F. MIPS – a universal ecological measure. **Fresenius Environmental Bulletin**, v. 2, p.407-412, 1993.

SELLITTO, M. A.; BORCHARDT, M.; PEREIRA, G. M. Modelagem para avaliação de desempenho ambiental em operações de manufatura. **Revista Gestão & Produção**, v. 17, p. 95-109, 2010.

SENAI.RSa. **Questões Ambientais e Produção mais Limpa**. Porto Alegre, UNIDO, UNEP, Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI, 2003.

SENAIRSB. **Implementação de Programas de Produção mais Limpa**. SENAI-RS/ UNIDO/ UNEP, 2003. 42 p. il. Disponível em: <<http://www.senairs.org.br/cntl/>> Acesso em: 04 abr. 2016.

SEVERO, E.A.; GUIMARÃES, J.C.F.; DORION, E.C.H.; NODARI, C.H. Cleaner production, environmental sustainability and organizational performance: an empirical study in the Brazilian Metal-Mechanic industry, **Journal of Cleaner Production**, v. 96, p. 118-125, 2015.

SHI, H., PENG, S.Z., LIU, Y., ZHONG, P. Barriers to the implementation of cleaner production in Chinese SMEs: government, industry and expert stakeholder's perspectives. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, p. 842-852, 2008.

SILVA, A. H.; FOSSÁ, M. I. T. Análise de conteúdo: exemplo de aplicação da técnica para análise de dados qualitativos. **Qualitas Revista Eletrônica**, v. 17, p. 1-14, 2015.

SILVA, D. A. L.; DELAI, I.; DE CASTRO, M. A. S.; OMETTO, A. R. Quality tools applied to Cleaner Production programs: a first approach toward a new methodology. **Journal of Cleaner Production**, v. 47, p. 174-187, 2013.

SILVA, G. C. S.; MEDEIROS, D. M. Metodologia de Checkland Aplicada à Implementação da Produção Mais Limpa em Serviços. **Gestão & Produção**, v. 13, 411-422, 2006.

SIMON, A.; BERNARDO, M.; KARAPETROVIC, S.; CASADESÚS, M. Integration of standardized environmental and quality management systems audits. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, p. 2057-2065, 2011.

SØNDERSKOV, K. M.; DAUGBJERG, C. The state and consumer confidence in eco-labeling: organic labeling in Denmark, Sweden, The United Kingdom and The United States. **Agriculture and Human Values**, v. 28, p. 507-517, 2011.

SRIVASTAVA, S. K. Green supply chain management: a state-of-the-art literature review. **International Journal of Management Reviews** 9, p. 53-80, 2007.

STANISKIS, J.K. **Water saving in industry by cleaner production**. Water Purification and Management. Springer, Holanda, p. 1- 33, 2011.

STONE, L. Limitations of cleaner production programs as organizational change agents. I. Achieving commitment and on-going improvement. **Journal of Cleaner Production**, v.14, p. 1- 14, 2006.

STONE, L. When case studies are not enough: the influence of corporate culture and employee attitudes on the success of cleaner production initiatives. **Journal of Cleaner Production**, v. 8, p. 353-359, 2000.

STRACHAN, P. Achieving environmental excellence through effective teamwork. **Team Performance Management: An International Journal**, v. 2, p. 25-29, 1996.

TEIZER, J; CHENG, T.; FANG, Y. Location tracking and data visualization technology to advance construction ironworkers' education and training in safety and productivity. **Automation in Construction**, v. 35, p. 53-68, 2013.

TELUKDARIE, A., BROUCKAERT, HUANG, Y. A case study on artificial intelligence based cleaner production evaluation system for surface treatment facilities. **Journal of Cleaner Production**, v. 14, p. 1622-1634, 2006.

TESTA, F.; RIZZI, F.; DADDI, T.; GUSMEROTTI, N. M.; FREY, F.; IRALDO, F. EMAS and ISO 14001: the differences in effectively improving environmental performance. **Journal of Cleaner Production**, v. 68, p. 1-9, 2014.

THIRUCHELVAM, M., KUMAR, K., VISVANATHANI, C. Policy options to promote energy efficient and environmentally sound technologies in small and medium-scale industries. **Energy Policy**, v. 31, p. 977-987, 2003.

THOMAS, S.T. **Facility Manager's Guide to Pollution Prevention and Waste Minimization**. BNA Books, Washington, D. C, 1995.

THRANE, M.; NIELSEN, E. H.; CHRISTENSEN, P. Clean Production in Danish fish processing – experiences, status and possible future strategies. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, p. 380-390, 2009.

TSENG, M.L., LIN, Y.H., CHIU, A.S.F. Fuzzy AHP-based study of cleaner production implementation in Taiwan PWB manufacturer. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, p. 1249-1256, 2009.

TSOULFAS, G. T.; PAPPIS, C. P. A model for supply chains environmental performance analysis and decision making. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, p. 1647- 1657, 2008.

UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME. **Audit and Reduction Manual for Industrial Emissions and Wastes**. Technical Report Series No. 7. UNEP Industry and Environment. Paris, 1991.

UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME. **Cleaner Production - A Resource Training Package**, 1 ed. United Nations Publication, Paris, 1996.

UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME. **Cleaner Production Assessment in Dairy Processing**, 1 ed., United Nations Publication, 2000.

UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME. **Government Strategies and Policies for Cleaner Production**, 1 ed. United Nations Publication, Paris, 1994.

UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME. **International Declaration on Cleaner Production: Implementation Guidelines for companies**, 2001.

UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME. **Profiting from cleaner production** – Towards Efficient Resource Management. United Nations Publications, 2002.

UNITED STATES ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY. **Facility Pollution Prevention Guide**. Cincinnati (Ohio), USA, 1992.

UNNIKRISHNAN, S., HEDGE, DS. Environmental training and cleaner production in Indian industry – a micro level study. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 50,p. 427-441, 2007.

US Congress. **Pollution Prevention Act of 1990**, 42 U.S.C., Sect. 13106; 1990.

USEPA (United States Environmental Protection Agency). Principles of Pollution Prevention and Cleaner Production: an International Training Course (Participant's Manual). Disponível em: <<http://www.p2pays.org/ref/02/01993.pdf>> Acesso em: 05 abr. 2016.

VACHON, S.; KLASSEN, R. D. Environmental management and manufacturing performance: The role of collaboration in the supply chain. **International Journal of Production Economics**, v. 111, p. 229-315, 2008.

VAN BERKEL R.; LAFLEUR M. Application of an industrial ecology toolbox for the introduction of Industrial Ecology in enterprises - II. **Journal of Cleaner Production**, v. 5, p. 27- 37, 1997b.

VAN BERKEL R.; WILLEMS, E.; LAFLEUR M. Application of an industrial ecology toolbox for the introduction of Industrial Ecology in enterprises - I. **Journal of Cleaner Production**, v. 5, p. 11-25, 1997a.

VAN BERKEL, R. Cleaner production in Australia: revolutionary strategy or incremental tool? **Australian Journal of Environmental Management**, v. 7, p. 132–146, 2000.

VAN BERKEL, C.W.M. Comparative evaluation of cleaner production working methods. **Journal of Cleaner Production**, v. 2, p. 139-152, 1994.

VAN BERKEL, R. Application of cleaner production principles and tools for eco-efficient minerals processing. **Green Processing 2002: International Conference on the Sustainable Processing of Minerals**, Cairns, 2002.

VAN BERKEL, R.; VAN KAMPEN, M. Contrasting approaches to the generation of environmental improvement options for production systems. **Cleaner Production Processes**, v. 3, p. 21-34, 2001.

VAN HOOFF, B. Organizational learning in cleaner production among Mexican supply networks. **Journal of Cleaner Production**, v. 64, p. 115-124, 2014.

VENSELAAR, J. Environmental training: industrial needs. **Journal of Cleaner Production**, v. 3, p. 9-12, 1995.

VICKERS, I.; CORDEY-HAYES, M. Cleaner production and organizational learning. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 11, p. 75-94, 1999.

VIEIRA, L. C., G.; AMARAL, F.G. Barriers and strategies applying Cleaner Production: a systematic review. **Journal of Cleaner Production**, v. 113, p. 5-16, 2016.

WANG, J. China' s national cleaner production strategy. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 19, p. 437-456, 1999.

WEE Y.S., QUAZI H.A. Development and validation of critical factors of environmental management. **Industrial Management & Data Systems**, v. 105, p. 96-114, 2005.

WILLARD, B. **The Next Sustainability Wave: Building Boardroom Buy-in**. New Society Publishers, Gabriola Island, 2005.

WU, D. D.; OLSON, D. L.; BIRGE, J. R. Risk management in cleaner production. **Journal of Cleaner Production**, v. 53, p. 1-6, 2013.

YANG, C.; LIN, S.; CHAN, Y.; SHEU, C. Mediated effect of environmental management on manufacturing competitiveness: An empirical study. **International Journal of Production Economics**, v. 122, p. 210-220, 2010.

YÜKSEL, H. An empirical evaluation of clean production practices in Turkey. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, p. 50-57, 2008.

YUSUP, M.Z., MAHMOOD, W.H.W., SALLEH, M.R., RAHMAN, M.N.A. The implementation of cleaner production practices from Malaysian manufacturers' perspectives. **Journal of Cleaner Production**, v. 108, p. 659- 672, 2015.

ZENG, S.X., MENG, X.H., YIN, H.Y., TAM, C.M., SUN, L. Impact of cleaner production on business performance. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, p. 975-983, 2010.

ZHANG, G.; ZHAO, Z. Green Packaging Management of Logistics Enterprises. **Physics Procedia**, v. 24, p. 900-905, 2012.

ZHANG, W., WANG, W., WANG S. Environmental performance evaluation of implementing EMS (ISO 14001) in the coating industry: case study of a Shanghai coating firm. **Journal of Cleaner Production**, v. 64, p. 205-217, 2014.

ZHENG, S.X., MENG, X.H., YIN, H.T., TAM, C.M., SUN, L. Impact of cleaner production on business performance. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, p. 975-983, 2010.

ZILAHY, G. Organisational factors determining the implementation of cleaner production measures in the corporate sector. **Journal of Cleaner Production**, v. 12, p. 311-319, 2004.

ZUTSHI, A.; SOHAL, A.S. Adoption and maintenance of environmental management systems. **Management of Environmental Quality: An International Journal**, v. 15, p. 399-419, 2004.

Apêndice A – Práticas de Gestão de Produção mais Limpa

O Apêndice A apresenta a versão final da sistematização das práticas de gestão de Produção mais Limpa.

Código	Práticas de gestão	Detalhamento/ Exemplos de como aplicar as práticas de gestão	Estágio de Maturidade	Escopo	Ciclo PDCA	Etapas Metodologia P+L	Referências
PG01	Estabelecer e monitorar requisitos para a empresa cumprir a legislação ambiental e padrões internos	-	1	Processo/Produto/Cadeia de valor	Fazer	Implantação das mudanças	Yusup et al. (2015)
PG02	Identificar e avaliar tendências, requisitos e prioridades das partes interessadas (clientes, fornecedores, comunidade, entre outros) relacionadas a questões ambientais.	-	1	Cadeia de Valor	Planejamento	Todas	Hilson (2000); Hilson e Nayee (2002); Pigosso et al (2013)
PG03	Obter, reter e documentar conhecimento em Produção mais Limpa	-	1	Processo/Produto/Cadeia de valor	Todas	Todas	Saturnino e Jabbour (2010)
PG04	Realizar benchmarking externo (empresas do setor ou de outros setores) para o que outras empresas estão fazendo e como estão aplicando P+L	-	1	Processo/Produto/Cadeia de valor	Planejamento	Todas	Silva et al. (2013); Pigosso et al. (2013)

PG05	Realizar benchmarking interno (dentro da companhia) para avaliar as potencialidades de aplicação interna de P+L	-	1	Processo/Produto/Cadeia de valor	Planejamento	Todas	Silva et al. (2013); Pigosso et al. (2013)
PG06	Comprovar os benefícios atingidos pela implantação de práticas/projetos de P+L por meio de dados e resultados	-	2	Processo/Produto/Cadeia de valor	Verificação	Avaliação das ações de Produção mais Limpa	Calia e Guerrini (2006)
PG07	Divulgar resultados e benefícios obtidos com a implantação dos projetos piloto de P+L internamente na empresa para todos os funcionários (Relatório Anual, Relatório de Sustentabilidade, Site Externo, Mídia, Visitas, etc.)	Comunicar experiências em P+L por meio de relatório interno, Relatório Anual, Relatório de Sustentabilidade, Site Externo, Mídia, Visitas, etc.	2	Processo/Produto/Cadeia de valor	Planejamento	Engajamento de funcionários	UNEP (2001)
PG08	Identificar áreas empresa para aplicação aplicação de prática/iniciativa de Produção mais Limpa	-	2	Processo/Produto/Cadeia de valor	Planejamento	Organizar uma equipe de Produção mais Limpa	Fresner (1998)

PG09	Realizar projetos piloto de P+L para para melhoria continua da eficiência ambiental	-	2	Produto	Fazer	Implantação das mudanças	UNEP (2001)
PG10	Selecionar, customizar e implantar práticas operacionais, técnicas e ferramentas de Produção mais Limpa de acordo com as necessidades da empresa	-	2	Produto	Planejamento	Coleta de dados/Avaliação de dados	UNEP (2001)

PG11	Comunicar e engajar todos os funcionários sobre o motivo de implantação de P+L, os benefícios gerados, objetivos, metas, papéis e responsabilidades.	<p>Estabelecer um programa de engajamento interno em P+L</p> <p>Prover treinamentos para todos os funcionários</p> <p>Familiarizar os funcionários com o Sistema, explicando por que a P+L está sendo implantada e quais benefícios serão gerados</p> <p>Solicitar diretamente das opiniões dos trabalhadores sobre as iniciativas de melhoria ambiental nos atuais processos e inovações nos sistemas</p> <p>Criar caixa de sugestões para funcionários para submeter ideias de melhorias gerais em P+L</p> <p>Reportar as metas de P+L internamente</p> <p>Assegurar que os funcionários estão cientes dos aspectos ambientais das operações da empresa e suas responsabilidades pessoais.</p>	3	Processo/Produto/ Cadeia de valor	Planejamento	Engajamento de funcionários	<p>Fresner (1998); Cetesb(2002); Hilson e Nayee (2002); Hilson (2003); Saturnino e Jabbour (2010); Zeng et al. (2010); Huang, Luo, Xia (2013); Bai, Zhang e Wang (2014); Yusup et al. (2015)</p>
------	--	--	---	--------------------------------------	--------------	-----------------------------------	--

PG12	Comunicar externamente para as partes interessadas (clientes, fornecedores, comunidade, entre outros) os resultados atingidos pelo Programa de Produção mais Limpa (Relatório Anual, Relatório de Sustentabilidade, Site Externo, Mídia, Visitas, etc.)	<p>Desenvolver e publicar estudos de caso relacionados à boas práticas de P+L e seus benefícios com associações industriais e governo</p> <p>Reportar o desempenho ambiental frente à declaração e distribuir para as partes interessadas</p> <p>Conceder visitas nas unidades, descrever o desempenho em P+L</p> <p>Incluir informações sobre P+L no site externo com links para sites relacionados à P+L.</p> <p>Integrar as iniciativas relacionadas a P+L nos processos padrão de reporte e mídia (Relatório anual, página externa)</p>	3	Processo/Produto/Cadeia de valor	Planejamento	Todas	UNEP (2001)
------	---	---	---	----------------------------------	--------------	-------	-------------

PG13	Comunicar internamente os resultados atingidos pelo Programa de Produção mais Limpa (Relatório	<p>Reportar resultados internamente para partes interessadas</p> <p>Estabelecer reporte de progresso contínuo</p> <p>Disseminar informações sobre P+L nas unidades, escritórios e associações industriais</p> <p>Oferecer publicações e folhetos sobre P+L para funcionários (reciclagem, economia de energia, política de compras e outras iniciativas de produção mais limpa)</p> <p>Identificar pontos focais para receber e distribuir informações relevantes sobre P+L</p> <p>Implantar distribuição de manuais para todos os departamentos</p> <p>Realizar visitas às plantas para apresentar o desempenho ambiental</p>	3	Processo/Produto/ Cadeia de valor	Verificação	Avaliação das ações de Produção mais Limpa	UNEP (2001)
------	--	--	---	--------------------------------------	-------------	--	-------------

PG14	Considerar as questões ambientais no processos de planejamento e controle da produção	<p>Definir ações de mitigação da poluição no PCP causadas por resíduos sólidos e líquidos e emissões no ar por meio de planejamento da capacidade necessária para evitar desperdícios de recursos produtivos e naturais e prover controle dos fluxos de materiais e energia.</p> <p>Planejar a produção de modo que ela seja o mais contínua possível (Para minimizar as fases de partida, desligamento e inatividade)</p> <p>Alinhar processo de planejamento ambiental com o calendário da gestão e orçamento</p>	3	Processo/Produto/Cadeia de valor	Fazer	Implantação das mudanças	<p>Fresner (1998); Yüksel (2008); Chen e Monahan (2010); Fresner et al. (2010); Zeng et al. (2010); Oliveira et al. (2015a); Oliveira et al. (2015b); Yusup et al. (2015)</p>
PG15	Criar equipes internas multidisciplinares de Produção mais Limpa	Garantir que as pessoas que possuem times e recursos suficientes implantem o programa	3	Processo/Produto/Cadeia de valor	Planejamento	Organizar uma equipe de Produção mais Limpa	<p>Strachan (1996); Fresner (1998); Beard e Rees, (2000); UNEP (2001); Van Berkel (2002); Hilson e Nayee (2002); Backer (2002); Saturnino e Jabbour (2010); Oliveira et al. (2016b)</p>

PG16	Criar uma organização interna suportada por estrutura formal de gestão para implantação e manutenção de programa de Produção mais Limpa	Considerar pessoas da alta liderança para integrar a estrutura, os quais definem as relações hierárquicas e o poder decisório, que são fundamentais para o sucesso dos projetos de P+L	3	Processo/Produto/Cadeia de valor	Planejamento	Comprometimento da alta liderança	Tseng et al. (2009) ; Guimarães et al. (2013); Guimarães et al. (2015)
PG17	Definir e monitorar objetivos indicadores e metas de implantação e de desempenho de Produção mais Limpa	<p>Utilizar indicadores ambientais (Produção mais Limpa)</p> <p>Utilizar indicadores para análise e controle de processos</p> <p>Utilizar indicadores de investimento em treinamento sobre educação ambiental na produção</p> <p>Utilizar indicadores de investimento em treinamento sobre educação ambiental na produção</p> <p>Utilizar indicadores de custo operacional devido à compra de produtos com selo verde</p>	3	Processo/Produto/Cadeia de valor	Verificação	Definição de indicadores de desempenho	Hale (1996); Van Berkel (1997b); Fresner (1998); Hilson (2000); Jiménez & Lorente (2001); UNEP (2001) ; Hilson e Nayee (2002); Van Berkel (2002); Nilsson et al. (2004); Cagno, Trucco e Tardini (2005); Fresner et al. (2010); Kiperstok et al. (2013); Teizer et al. (2013); Min et al. (2014); Oliveira et al. (2015a); Oliveira et al. (2015b)

PG18	Definir papéis e responsabilidades referentes ao programa de Produção mais Limpa	Definir papéis e responsabilidades referentes à programas de Produção mais Limpa	3	Processo/Produto/Cadeia de valor	Planejamento	Organizar uma equipe de Produção mais Limpa	Fresner (1998); Hilson e Nayee (2002)
PG19	Definir plano estratégico para Produção mais Limpa	Definir um planejamento estratégico de longo prazo, com o monitoramento através de indicadores,	3	Processo/Produto/Cadeia de valor	Planejamento	Comprometimento da alta liderança	Tseng et al. (2009) ; Guimarães et al. (2013); Guimarães et al. (2015)
PG20	Elaborar uma política ambiental para a companhia considerando os princípios da Produção mais Limpa	Estabelecer uma Política Ambiental na empresa Analisar a presente política para identificar barreiras para implantação da P+L	3	Processo/Produto/Cadeia de valor	Planejamento	Comprometimento da alta liderança	UNEP (2001); Fresner (1998); Hilson (2000); Hilson e Nayee (2002); Hilson (2003); Gravilescu (2005); Zeng et al. (2010)
PG21	Estabelecer procedimentos operacionais padronizados para implantação de Produção mais Limpa	-	3	Processo/Produto/Cadeia de valor	Fazer	Implantação das mudanças	Fresner (1998); UNEP (2001); Hilson e Nayee (2002); Nilsson (2007); Medeiros et al. (2007; Fresner et al. (2010)

PG22	Estabelecer programa de gestão integrada de resíduos	<p>Implantar um programa de minimização de resíduos</p> <p>Segregar fluxos de resíduos, separar de resíduos antes da eliminação para reciclagem posterior, aumentar os resíduos reciclados dentro de uma empresa; Produzir energia a partir de resíduos; Treinar funcionários em regulamentos de resíduos perigosos.</p>	3	Cadeia de Valor	Fazer	Implantação das mudanças	<p>UNEP (2001); Nilsson (2007); Yepes et al. (2014); Bai, Zhang e Wang (2014); Yusup et al. (2015)</p>
PG23	Estabelecer programas de controle da qualidade das matérias-primas e aquisição de matérias primas menos poluentes	<p>Programa pode ser estabelecido por meio de políticas específicas e adequadas de compra, embalagem e controle de inventário para evitar a encomenda e utilização de materiais não testados.</p> <p>Desenvolver critérios e guias de compras para comprometimento no fornecimento de matérias primas menos poluentes para fornecedores.</p> <p>Desenvolver especificações de compras para fornecedores com matérias primas menos poluentes.</p>	3	Processo/Produto/Cadeia de valor	Fazer	Implantação das mudanças	<p>Nilsson (2007); Fresner et al. (2010)</p>
PG24	Garantir comprometimento, suporte e recursos financeiros e humanos para condução das atividades de Produção mais Limpa	-	3	Processo/Produto/Cadeia de valor	Fazer	Implantação das mudanças	<p>UNEP (2001)</p>

PG25	Implantar e monitorar o desempenho de oportunidades de Produção mais Limpa selecionadas	-	3	Processo/Produto/Cadeia de valor	Verificação	Avaliação das ações de Produção mais Limpa	Hilson e Nayee (2002); Van Berkel (2002); Oliveira et al. (2016b)
PG26	Implantar Sistema de Gestão Ambiental (SGA) considerando os princípios e estratégias de P+L ou integrá-los no sistema de gestão ambiental já existente.	<p>Integrar os princípios e estratégias de P+L no SGA de todas as unidades operacionais</p> <p>Implantar Sistema de Gestão Ambiental detalhando os métodos que serão utilizados pela organização para atingir as metas e objetivos ambientais. SGA deve incluir procedimentos organizacionais, procedimentos, responsabilidades ambientais e processos</p> <p>Desenvolver plano de integração de P+L com o SGA (Departamento de meio ambiente)</p>	3	Processo/Produto/Cadeia de valor	Planejamento	Engajamento de funcionários	Fresner (1998); Hilson (2000); UNEP (2001); Robert et al. (2002); Hilson e Nayee (2002); Hilson (2003); Bai, Zhang e Wang (2014); Jia et al. (2014); Oliveira et al. (2016a); Oliveira et al. (2016b)
PG27	Obter comprometimento da alta liderança para o programa de Produção mais Limpa	<p>Publicar carta do presidente sobre a adesão ao compromisso de P+L para todos os funcionários.</p> <p>Mostrar para os funcionários a direção a ser tomada com relação ao meio ambiente</p>	3	Processo/Produto/Cadeia de valor	Planejamento	Comprometimento da alta liderança	UNEP (2001); Van Berkel (2002); Hilson e Nayee (2002); Hilson (2003)

PG28	Realizar auditoria ambiental interna com objetivo de avaliar o nível de implantação dos requisitos ambientais regulatórios e internos e das oportunidade de Produção mais Limpa mapeadas	-	3	Processo/Produto/Cadeia de valor	Planejamento	Pré-avaliação da empresa/Identificação de opções de Produção mais Limpa	UNEP (1990b); Van Berkel (1997a); Van Berkel (1997b); Fresner (1998); Hilson (2000); Hilson e Nayee (2002); CNTL (2003); Hilson (2003); Cagno, Trucco e Tardini (2005); Finnveden e Moberg (2005); Oliveira et al. (2015a); Oliveira et al. (2015b)
PG29	Realizar Avaliação de Produção mais Limpa para identificar oportunidades de melhoria de eficiência ambiental	Analisar e descrever os efeitos ambientais dos processos e produtos	3	Produto	Planejamento	Avaliação de dados	Yusup et al. (2015)

PG30	Realizar Avaliação de Produção mais Limpa para identificar oportunidades de melhoria de eficiência ambiental	<p>Explorar os potenciais de melhorias de eficiência por meio do entendimento das causas das perdas.</p> <p>Preparar equipe para estudar o processo, analisar o balanço de material e identificar oportunidades para redução de desperdícios e emissões visando conformidade ambiental.</p> <p>Avaliar tecnicamente, economicamente e ambientalmente as oportunidades de Produção mais Limpa</p>	3	Processo	Planejamento	Avaliação de dados	<p>Fresner (1998); Muchie (2000); UNEP (2001); Gravilescu (2005); Simon et al. (2011); Dobes (2013); Hong & Li (2013); Jia et al. (2014); Almeida (2015); Oliveira et al. (2015a); Oliveira et al. (2015b) Yusup et al. (2015)</p>
PG31	Realizar mapeamento de fluxo de processo e balanço de materiais e energia.	Desenvolver mapas de fluxo de processo	3	Processo	Planejamento	Coleta de dados/Avaliação de dados	Van Berkel (2002)

PG32	Criar mecanismos internos para incentivar investimentos internos em projetos de Produção mais Limpa	<p>Criar mecanismos para encorajar investimentos em P+L por meio de políticas</p> <p>Reduzir encargos para projetos com objetivo de melhorar o desempenho ambiental</p> <p>Estabelecer fundos dedicados ao investimento ambiental e de P+L</p> <p>Realizar investimento mínimo anual em P+L/projetos ambientais</p>	4	Processo/Produto/Cadeia de valor	Fazer	Implantação das mudanças	UNEP (2001); Zeng et al. (2010)
PG33	Desenvolver incentivos para engajar os funcionários na adoção de práticas ambientalmente corretas	-	4	Processo/Produto/Cadeia de valor	Planejamento	Engajamento de funcionários	Hilson (2000)

PG34	Desenvolver programas sistemáticos de capacitação ambiental com o objetivo de proporcionar as competências necessárias e conscientização ambiental para o Programa de Produção mais Limpa.	<p>Desenvolver programas sistemáticos de capacitação ambiental com o objetivo de proporcionar as competências necessárias e conscientização ambiental para o Programa de Produção mais Limpa. Este treinamento deve ser estendido a todos os funcionários da empresa e, especialmente, aos que estão diretamente ligados aos programas de Produção Mais</p> <p>Mudar ênfase nos treinamentos de controle da poluição para redução de desperdícios</p> <p>Integrar a P+L nos processos de desenvolvimento de funcionários e programas de treinamento</p> <p>Trabalhar com os centros de referência em P+L para oferecer programas de treinamento nas ferramentas de P+L</p> <p>Treinar trabalhadores para utilizar as ferramentas relacionadas a P+L</p>	4	Processo/Produto/Cadeia de valor	Planejamento	Engajamento de funcionários	<p>Daily and Huang, (2001); Govindarajulu e Daily, (2001); Hilson (2000); UNEP (2001); Fernández et al. (2003); Perron et al. (2006); Stone (2006a); Stone (2006b); Medeiros et al. (2007); Saturnino e Jabbour (2010);</p>
PG35	Estabelecer metas para redução de danos ambientais de produtos durante todo o seu ciclo de via	-	4	Processo/Produto/Cadeia de valor	Planejamento	Definição de indicadores de desempenho	UNEP (2001)

PG36	Garantir a comunicação entre departamentos em todos os níveis referente a Produção mais Limpa	-	4	Processo/Produto/Cadeia de valor	Planejamento	Engajamento de funcionários	Fresner (1998)
PG37	Implantar programas de recompensa que busquem reforçar ou inibir comportamentos durante os processos de programas de Produção Mais Limpa	Realizar reconhecimento oficial pelo programa corporativo de Produção mais Limpa para projetos que atingir o limite mínimo de ganhos financeiros e redução da poluição	4	Processo/Produto/Cadeia de valor	Planejamento	Engajamento de funcionários	Govindarajulu e Daily (2004); Calia e Guerrini (2006); Saturnino e Jabbour (2010)
PG38	Inserir o desempenho ambiental (Produção mais Limpa) no processo de análise de desempenho/reconhecimento de colaboradores	<p>Avaliação dos funcionários com base em metas anuais de redução de custos e metas quinquenais de redução da poluição</p> <p>Investigar constantemente novas competências relacionadas aos aspectos demandados durante o Programa de Produção Mais Limpa</p> <p>Desenvolver sistemas de avaliação de desempenho para a melhoria do desempenho global e melhoria da produtividade das pessoas ao longo do tempo. Tais sistemas de avaliação de desempenho devem ser um instrumento útil para medir o desempenho dos funcionários em programas de Produção mais Limpa e para fornecer feedback que promova a melhoria da participação individual e a participação de equipes no programa.</p>	4	Processo/Produto/Cadeia de valor	Ação	Apresentação do método de Produção mais Limpa para a equipe/Continuidade do programa	Denton (1999); Calia e Guerrini (2006); Saturnino e Jabbour (2010)

PG39	Promover/Buscar Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) para implantar soluções relacionadas à opções de Produção mais Limpa	<p>Investir em pesquisa e inovação sobre práticas de sustentabilidade na produção</p> <p>Implantar centro de pesquisa para adoção de práticas de sustentabilidade no início dos processos de inovação de produtos e processos para orientação de decisões operacionais.</p> <p>Estabelecer parcerias para pesquisa e desenvolvimento relacionadas à P+L com instituições educacionais</p> <p>Estabelecer um programa para redução do uso de substâncias perigosas/toxicas/não-renováveis por meio da área de Pesquisa & Desenvolvimento (P&D)</p> <p>Conduzir projetos de P&D específicos para P+L com instituições educacionais/instituições de P&D</p>	4	Processo/Produto/Cadeia de valor	Fazer	Implantação das mudanças	<p>Hilson (2000); UNEP (2001); Hallstedt et al. (2013); Oliveira et al. (2015a); Oliveira et al. (2015b); Yusup et al. (2015)</p>
------	---	--	---	----------------------------------	-------	--------------------------	---

PG40	Realizar projeto de produto ecoeficiente visando o uso de materiais ecológicos, remanufatura, reúso e reciclagem.	<p>Otimizar a reciclagem, remanufatura ou reuso de produto na etapa de desenvolvimento</p> <p>Reformular ou modificar os produtos</p> <p>Avaliar métodos de disposição no desenvolvimento de produtos</p>	4	Produto	Planejamento	Coleta de dados/Avaliação de dados	<p>Fresner (1998); Muchie (2000); UNEP (2001); Edwards (2002); Gravilescu (2005); Nilsson (2007); Yuksel (2008); Borchardt et al. (2011); Birch et al. (2012); Gaziulusoy et al. (2012); Oliveira et al. (2015a); Oliveira et al. (2015b); Yusup et al. (2015)</p>
PG41	Realizar projeto/iniciativas para tornar o processo produtivo ecoeficiente considerando modificações tecnológicas	Projeto do processo produtivo ecoeficiente	4	Processo/Produto/Cadeia de valor	Fazer	Implantação das mudanças	<p>Oliveira et al. (2015a); Oliveira et al. (2015b)</p>

PG42	Considerar questões ambientais no desenho das redes de logística (internas e externas)	<p>Considerar questões ambientais no desenho das redes de logística (internas e externas)</p> <p>Projeto das redes logísticas especializadas</p> <p>Otimizar distribuição e do transporte</p> <p>Avaliar logística a jusante e reversa no planejamento de estoque</p>	5	Processo/Produto/Cadeia de valor	Planejamento	Identificação de opções de Produção mais Limpa	Fresner (1998); Medeiros et al. (2007); Nilsson (2007); Yuksel (2008); Oliveira et al. (2015a); Oliveira et al. (2015b); Yusup et al. (2015)
PG43	Considerar requisitos ambientais durante a seleção de fornecedores	Considerar requisitos ambientais durante a seleção de fornecedores	5	Cadeia de Valor	Fazer	Implantação das mudanças	Fresner (1998); Yuksel (2008)
PG44	Desenvolver e aplicar estratégia de produção industrial e relações interempresas para formação de clusters de indústrias que trabalham em ecorrede em ciclo fechado, visando reduzir o impacto ambiental (Ecologia Industrial)	Aplicar princípios da Ecologia Industrial	5	Processo/Produto/Cadeia de valor	Planejamento	Todas	Biswas (2012); Liu & Zhang (2013); Oliveira et al. (2015a); Oliveira et al. (2015b)
PG45	Engajar a cadeia de suprimentos em produção mais limpa: orientar, fornecedores, clientes e construir iniciativas para que implantem P+L	Implantar tecnologia da informação na Cadeia de Suprimentos Verde	5	Cadeia de Valor	Fazer	Implantação das mudanças	UNEP (2001); Vachon & Klassen (2008); Oliveira et al. (2015a); Oliveira et al. (2015b)

PG46	Estabelecer Logística Reversa de pós-consumo e pós venda para reuso, remanufatura e reciclagem	Estabelecer Logística Reversa de pós-consumo e pós venda para reuso, remanufatura e reciclagem	5	Processo/Produto/Cadeia de valor	Fazer	Implantação das mudanças	Rogers & Tibben-Lembke (1998, 2001); Oliveira et al. (2015a); Oliveira et al. (2015b)
PG47	Estabelecer parcerias com fornecedores/clientes/universidades para melhoria do desempenho ambiental da cadeia de valor	<p>Promover cooperação e co-criação com o cliente para conhecer os atributos ambientais para a concepção de produtos e/ou prover mudança incremental no existente.</p> <p>Realizar co-criação com fornecedores para o desenvolvimento de matérias-primas e componentes ecológicos.</p> <p>Auxiliar os fornecedores a otimizarem o desempenho ambiental</p>	5	Produto/Cadeia de valor	Planejamento	Coleta de dados/Avaliação de dados/Identificação de opções de Produção mais Limpa	Fresner (1998); Tseng et al. (2009); Ngugi et al. (2010); Boons & Lüdeke-Freund (2013); Guimarães et al. (2013) Mauser et al. (2014); Oliveira et al. (2015a); Oliveira et al. (2015b); Guimarães et al. (2015); Yusup et al. (2015)

PG48	Estabelecer uma política de compras que considere requisitos de Produção mais Limpa	Estabelecer políticas de compras proativas mandatórias em subsidiárias/escritórios internacionais; reporte de atividades internas de P+L. Analisar o compromisso corporativo vigente com P+L, compras verdes - estabelecer uma linha de base	5	Cadeia de Valor	Planejamento	Comprometimento da alta liderança	UNEP (2001)
PG49	Integrar P+L nos processos de tomada de decisão diário	Integrar P+L no processo de tomada de decisão diário	5	Processo/Produto/Cadeia de valor	Planejamento	Comprometimento da alta liderança	UNEP (2001)
PG50	Integrar P+L nos valores e visão da empresa	-	5	Processo/Produto/Cadeia de valor	Planejamento	Comprometimento da alta liderança	UNEP (2001)
PG51	Monitorar o cumprimento de requisitos ambientais de fornecedores	Considerar questões ambientais no gerenciamento da cadeia de suprimentos	5	Cadeia de Valor	Fazer	Implantação das mudanças	Yüksel (2008); Srivastava (2007); Tsoulfas & Pappis (2008); Oliveira et al. (2015a); Oliveira et al. (2015b)
PG52	Realizar auditoria ambiental em fornecedores	-	5	Cadeia de Valor	Planejamento	Identificação de opções de Produção mais Limpa	Hong e Li (2013); Oliveira et al. (2015a)

PG53	Realizar engajamento das partes interessadas com relação a questões ambientais	<p>Engajar ativamente as partes interessadas em P+L nas associações industriais e financeiras</p> <p>Criar um programa educacional para as iniciativas ambientais do setor industrial incluindo P+L para escolas</p> <p>Organizar workshops setoriais com participação ativa de indústrias e escolas de comércio renomadas</p>	5	Cadeia de Valor	Planejamento	Todas	UNEP (2001)
------	--	--	---	-----------------	--------------	-------	-------------

Apêndice B – Práticas Operacionais de Produção mais Limpa

O Apêndice B apresenta a versão final da sistematização das práticas operacionais de Produção mais Limpa.

Código	Prática Operacional	Etapa Ciclo PDCA	Etapas Metodologia P+L	Estratégia de P+L	Escopo	Aspecto Ambiental Relacionado	Referência
PO01	Aumentar o uso de energia renovável	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Consumo de Energia	Nilsson (2007); Yusup et al. (2015)
PO02	Desligar o equipamentos não utilizados	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Consumo de Energia	Fresner et al. (2010)
PO03	Reduzir de riscos ambientais externos à organização por meio de controle de resíduos e emissões na fabricação	Planejamento	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo/Produto/Cadeia de valor	Emissões Atmosféricas	Rogers & Seager (2009); Oliveira et al. (2015a); Oliveira et al. (2015b)
PO04	Melhorar o controle do processo e a confiabilidade da operação para garantir a estabilidade da eficiência ambiental em condições normais e também em interrupções e retomada da operação.	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Todos	Nilsson (2007); Huang, Luo, Xia (2013); Bai, Zhang e Wang (2014)

PO05	Manter eficiências de combustão ótima em caldeiras de vapor e água quente	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Consumo de Energia	Nilsson (2007)
PO06	Aumentar a durabilidade de produtos	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação no produto	Produtos	Outros	Van Berkel (2002); Yuksel (2008); Zeng et al. (2010); Yusup et al. (2015)
PO07	Possibilidades de mudanças na composição dos produtos são avaliadas Para aumentar a reciclabilidade de produtos e componentes	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação no produto	Produtos	Outros	Yuksel (2008); Zeng et al. (2010); Yusup et al. (2015)
PO08	A facilidade de desmonte de produtos é avaliada no desenho do produto	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação no produto	Produtos	Outros	Yuksel (2008)
PO09	Os efeitos ambientais que podem ocorrer a partir do uso de produtos pelos consumidores são avaliados	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação no produto	Produtos	Outros	Yuksel (2008)
PO10	A coleta e distribuição de produtos e componentes que serão reciclados, remanufaturados ou reutilizados é desenhada e planejada	Fazer	Implantação das mudanças	Reciclagem interna	Produtos	Resíduos	Yuksel (2008)

PO11	Fazer uma revisão de produtos e design do produto.	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação no produto	Produtos	Outros	UNEP (2002) ; Cetesb(2002) ; Medeiros et al. (2007); Nilsson (2007)
PO12	Possibilidades de reciclagem e reutilização são consideradas no desenho de produtos.	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação no produto	Produtos	Resíduos	Yuksel (2008)
PO13	Simplificar a instalação de produtos	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação no produto	Produtos	Outros	Yusup et al. (2015)
PO14	Eliminação de produtos de síntese química	Fazer	Implantação das mudanças	Substituição de Matéria Prima	Processo	Produtos Químicos e Tóxicos	Yepes et al. (2014)
PO15	Substituir de embalagens	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação no produto	Produtos	Resíduos	Medeiros et al. (2007)
PO16	Reciclar embalagens	Fazer	Implantação das mudanças	Reciclagem interna	Produtos	Resíduos	Yuksel (2008)
PO17	Reduzir o uso de embalagens	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Produtos	Resíduos	Yuksel (2008); Zeng et al. (2010)
PO18	Utilizar sistemas de devolução de embalagens retornáveis	Fazer	Implantação das mudanças	Reciclagem interna	Produtos	Resíduos	Fresner et al. (2010)
PO19	Utilizar embalagens ecológicas nos produtos para a redução do impacto ambiental	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação no produto	Produtos	Resíduos	Zhang & Zhao (2012); Oliveira et al. (2015a); Oliveira et al. (2015b)

PO20	Instalar recuperadores de calor	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Consumo de Energia	Nilsson (2007)
PO21	Isolamento	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Consumo de Energia	Nilsson (2007)
PO22	Ajustar a relação ar-combustível.	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Consumo de Energia	Nilsson (2007)
PO23	Eliminar vazamentos de vapor	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Consumo de Energia	Nilsson (2007)
PO24	Realizar a manutenção em purgadores de vapor	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Consumo de Energia	Nilsson (2007)
PO25	Implantar sistemas de retorno de condensado de alta pressão.	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Consumo de Energia	Nilsson (2007)
PO26	realizar conversão de caldeiras.	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Consumo de Energia	Nilsson (2007)
PO27	Instalar sistema de combustão de leito fluidizado (FBC)	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Consumo de Energia	Nilsson (2007)
PO28	Escolher a fonte certa de refrigeração	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Consumo de Energia	Nilsson (2007)
PO29	Instalar torres de resfriamento	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Consumo de Energia	Nilsson (2007)
PO30	Controle de estoque	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Outros	Cetesb(2002)
PO31	Separação de resíduos	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Resíduos	Fresner (1998); Fresner et al. (2010)

PO32	Certifique-se de que todos os dutos e válvulas na planta estão claramente marcados para identificação.	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Produtos Químicos e Tóxicos	Nilsson (2007)
PO33	Identificar e marcar todo o gasoduto para evitar conexões erradas que resultariam em mistura indesejada de produtos.	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Produtos Químicos e Tóxicos	Nilsson (2007)
PO34	Otimização de layout da organização e do processo considerando questões ambientais	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Outros	Hilson (2000); Cetesb(2002); Hilson (2003); Medeiros et al. (2007); Yuksel (2008); Yusup et al. (2015)

PO35	Limpeza e Organização (Housekeeping)	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Outros	Fresner (1998); Hilson (2000); Muchie (2000); UNEP (2002); Van Berkel (2002); Gravilescu (2005; Nilsson (2007); Yusup et al. (2015)
PO36	Manter as áreas de trabalho arrumadas e organizadas para evitar acidentes	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Outros	Nilsson (2007)
PO37	Manter um bom controle de estoque para evitar o desperdício de matérias-primas	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo/Produto/Cadeia de valor	Todos	Nilsson (2007)
PO38	Programar atividades regulares de manutenção para evitar avarias.	Planejamento	Identificação de opções de Produção mais Limpa	Boas práticas (Housekeeping)	Processo/Produto/Cadeia de valor	Todos	Nilsson (2007)
PO39	Otimizar e padronizar as configurações do equipamento para cada turno.	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Outros	Nilsson (2007)

PO40	Identificar e marcar todas as válvulas e configurações do equipamento para reduzir o risco de que elas sejam definidas incorretamente por pessoal inexperiente.	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Outros	Nilsson (2007)
PO41	Melhorar os procedimentos de partida e encerramento da operação	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Outros	Nilsson (2007)
PO42	Instalar bandejas para coletar gotejamentos e derramamentos	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Outros	Nilsson (2007)
PO43	Separar resíduos para reuso ou reciclagem	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Outros	Nilsson (2007)
PO44	Evitar vazamentos e descartes de água	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Consumo de Água	Nilsson (2007)
PO45	Relatar e corrigir vazamentos (água, produtos, vapor)	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Consumo de Água	Nilsson (2007)
PO46	Estabelecer um programa de manutenção regular de todos os equipamentos de redução de poluição e todo o equipamento de produção que pode resultar em uma descarga de líquido para a rede de esgoto.	Fazer	Implantação das mudanças	Todas	Processo/Produto/Cadeia de valor	Todos	Nilsson (2007); Medeiros et al. (2007)
PO47	Melhorar a manutenção para otimizar a eficiência energética dos equipamentos	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Consumo de Energia	Nilsson (2007)

PO48	Instalação de equipamentos eficazes para prevenção/redução de emissões	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Emissões Atmosféricas	Nilsson (2007)
PO49	Realização de manutenção de equipamentos e gestão de mudanças	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Outros	Zhang et al. (2016)
PO50	Manutenção preventiva	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Outros	Cetesb(2002)
PO51	Otimização no uso de recursos	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Outros	UNEP (2001); Van Berkel (2002); Gravilescu (2005); Medeiros et al. (2007)
PO52	Recircular gases de exaustão quando ocorrer o enchimento de tanques	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Emissões Atmosféricas	Nilsson (2007)
PO53	Realizar incineração com a geração de calor para fornos de secagem	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Emissões Atmosféricas	Nilsson (2007)
PO54	Reduzir a ventilação	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Emissões Atmosféricas	Nilsson (2007)
PO55	Modificações de processos para minimizar a geração de resíduos e emissões	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Outros	Fresner (1998); Medeiros et al. (2007); Nilsson (2007)

PO56	Automatizar processos	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo/Produto/Cadeia de valor	Todos	Medeiros et al. (2007)
PO57	Manipulação separada de diferentes tipos de águas residuais	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Consumo de Água	Nilsson (2007)
PO58	Mudança de processos a fim de reduzir o volume de águas residuais	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Consumo de Água	Nilsson (2007)
PO59	Eliminação das emissões intermitentes dos águas residuais de processos	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Consumo de Água	Nilsson (2007)
PO60	Usar o princípio de contracorrente em todos os processos de lavagem e lixiviação.	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Consumo de Água	Nilsson (2007); Fresner et al. (2010)
PO61	Utilizar lavagem a seco quando possível	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Consumo de Água	Nilsson (2007)
PO62	Utilize sistema fechado de arrefecimento.	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Consumo de Água	Nilsson (2007)
PO63	Usar processos contínuos em vez processos em batelada para reduzir a frequência de limpeza.	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Consumo de Água	Nilsson (2007)
PO64	Pré-embeber pisos e equipamentos para soltar a sujeira antes da limpeza final	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Consumo de Água	Nilsson (2007)
PO65	Equalizar o fluxo de águas residuais.	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Efluentes Líquidos	Nilsson (2007)

PO66	Melhorar a separação e extração de subprodutos.	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Efluentes Líquidos	Nilsson (2007)
PO67	Alterar o tempo de reação, temperatura, pressão e / ou ambiente químico no processo.	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Efluentes Líquidos	Nilsson (2007)
PO68	Instalar etapas de limpeza interna, por exemplo, para a separação de poluentes do processo.	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Efluentes Líquidos	Nilsson (2007)
PO69	Mudar o processo para uma maneira inteiramente nova de fabricar o produto	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Efluentes Líquidos	Nilsson (2007)
PO70	Assegurar-se de que os recipientes e as tubulações estejam completamente drenadas e que tampões sejam utilizados para remover o resíduo do produto antes de limpar.	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Efluentes Líquidos	Nilsson (2007)
PO71	Escolher tipos de processos menos exigentes de energia (por exemplo, descascamento a seco)	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Consumo de Energia	Nilsson (2007)
PO72	Contratar energia de empresas geradoras (Por exemplo, a partir de resíduos ou vapor)	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Consumo de Energia	Nilsson (2007)
PO73	Melhorar a eficiência dos equipamentos de elevado consumo energético	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Consumo de Energia	Nilsson (2007)

PO74	Evitar o derramamento de produtos ou insumos ao desconectar os tubos e as mangueiras.	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Produtos Químicos e Tóxicos	Nilsson (2007)
PO75	Garantir que os recipientes e as mangueiras sejam drenados antes da desconexão	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Produtos Químicos e Tóxicos	Nilsson (2007)
PO76	Assegurar que as descargas sólidas do separador centrífugo são recolhidas para eliminação adequada e não descarregadas para o esgoto	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Resíduos	Nilsson (2007)
PO77	Melhorar regimes de limpeza e formação do pessoal	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Outros	Nilsson (2007)
PO78	Encapsulamento dos equipamentos de processo	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Emissões Atmosféricas	Nilsson (2007)
PO79	Utilização de técnicas de resfriamento	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Emissões Atmosféricas	Nilsson (2007)
PO80	Utilização de técnicas moderna de mecânica de fluidos	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Emissões Atmosféricas	Nilsson (2007)
PO81	Utilização indireta de aquecimento e secagem	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Emissões Atmosféricas	Nilsson (2007)
PO82	Utilização de tecnologias de superfície ao invés de solventes	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Emissões Atmosféricas	Nilsson (2007)
PO83	Encapsulamento completo do processo	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Emissões Atmosféricas	Nilsson (2007)
PO84	Minimização de resíduos	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Resíduos	Nilsson (2007)

PO85	Escolher tipos de processos mais eficazes ambientalmente	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Outros	Nilsson (2007); Yuksel (2008)
PO86	Intervalos mais longos para mudanças de materiais auxiliares	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Outros	Fresner et al. (2010)
PO87	Uso de processos mecânicos em vez de processos físicos ou químicos	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Outros	Fresner et al. (2010)
PO88	Melhoria da eficiência energética dos processos (por Isolamento, recuperação de calor)	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Consumo de Energia	Fresner et al. (2010)
PO89	Redução no arraste de impurezas	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Outros	Fresner et al. (2010)
PO90	Otimizar a dimensão ambiental em equipamentos	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Outros	Yusup et al. (2015)
PO91	Modificar processo para minimizar impactos ambientais	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Outros	Oliveira et al. (2016b)
PO92	Modificar produto para minimizar impactos ambientais	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação no produto	Produto	Outros	Oliveira et al. (2016b)
PO93	Modificar o equipamento.	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Outros	Muchie (2000); Cetesb (2002); Nilsson (2007)

PO94	Aumentar o rendimento, por exemplo, com tecnologia melhorada para medição e controle.	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Outros	Nilsson (2007)
PO95	Instalar equipamentos com maior eficiência energética	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Consumo de Energia	Yusup et al. (2015)
PO96	Otimização/Modificação de tecnologias	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Outros	Nilsson (2007); Yusup et al. (2015)
PO97	Modificar tecnologias para minimizar impactos ambientais	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Outros	Oliveira et al. (2016b)
PO98	Monitorar todos os efluentes - quantidade e qualidade - para fornecer um registro público positivo, se necessário.	Fazer	Coleta de dados/Avaliação de dados	Boas práticas (Housekeeping)	Processo/Produto/Cadeia de valor	Efluentes Líquidos	Nilsson (2007)
PO99	Avaliar as possibilidades de mudança na composição de materiais	Fazer	Implantação das mudanças	Substituição de Matéria Prima	Processo	Outros	Yusup et al. (2015)
PO100	Substituição de materiais de entrada	Fazer	Implantação das mudanças	Substituição de Matéria Prima	Processo	Outros	Nilsson (2007); Yusup et al. (2015)
PO101	Armazenar produtos químicos corretamente	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Produtos Químicos e Tóxicos	Yepes et al. (2014)
PO102	Utilizar produtos químicos de forma eficiente na produção	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Produtos Químicos e Tóxicos	Yusup et al. (2015)

PO103	Recuperar produtos químicos	Fazer	Implantação das mudanças	Reciclagem interna	Processo	Produtos Químicos e Tóxicos	Nilsson (2007)
PO104	Enviar resíduos para redes externas de reciclagem	Fazer	Implantação das mudanças	Reciclagem externa	Cadeia de Valor	Resíduos	Fresner (1998); Medeiros et al. (2007)
PO105	Aumentar a quantidade de reciclagem do produto após o uso (diminuição do recurso e consumo de energia e resíduos sólidos para aterro).	Fazer	Implantação das mudanças	Reciclagem externa	Cadeia de Valor	Resíduos	Nilsson (2007)
PO106	Disponibilizar o acesso a centros de reciclagem para consumidores e usuários finais	Fazer	Implantação das mudanças	Reciclagem externa	Cadeia de Valor	Resíduos	Yuksel (2008)
PO107	Encorajar a participação de clientes e de consumidores finais em programas de reciclagem como o compartilhamento de informações educacionais	Fazer	Implantação das mudanças	Reciclagem externa	Cadeia de Valor	Resíduos	Yuksel (2008)

PO108	Reciclagem interna	Fazer	Implantação das mudanças	Reciclagem interna	Processo	Resíduos	Muchie (2000); Cetesb(2002) ; Van Berkel (2002); Medeiros et al. (2007); Nilsson (2007); Fresner et al. (2010); Yusup et al. (2015); Oliveira et al. (2016b); Zhang et al. (2016)
PO109	Aumento da reciclagem de materiais	Fazer	Implantação das mudanças	Reciclagem interna	Processo	Resíduos	Van Berkel (2002)
PO110	Tratamento de efluente interno	Fazer	Implantação das mudanças	Reciclagem interna	Processo	Efluentes Líquidos	Hilson (2003)
PO111	Usar a água de menor qualidade para fins com menores exigências de qualidade	Fazer	Implantação das mudanças	Reciclagem interna	Processo	Consumo de Água	Nilsson (2007)
PO112	Reutilizar as águas residuais relativamente limpas (tais como as de enxaguamentos finais) para outras etapas de limpeza ou em aplicações não críticas	Fazer	Implantação das mudanças	Reciclagem interna	Processo	Consumo de Água	Nilsson (2007)

PO113	Recircular a água utilizada em aplicações não críticas	Fazer	Implantação das mudanças	Reciclagem interna	Processo	Consumo de Água	Nilsson (2007)
PO114	Recuperar produtos químicos de entrada e re circulá-los de volta para o processo.	Fazer	Implantação das mudanças	Reciclagem interna	Processo	Produtos Químicos e Tóxicos	Nilsson (2007)
PO115	Reutilizar produtos químicos de entrada para fins com exigências de qualidade mais baixas.	Fazer	Implantação das mudanças	Reciclagem interna	Processo	Produtos Químicos e Tóxicos	Nilsson (2007)
PO116	Providenciar a retenção de águas residuais derramadas em bacias de retenção ou lagoas até que o tratamento adequado dos resíduos possa ser realizado.	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Efluentes Líquidos	Nilsson (2007)
PO117	Capturar de energia de baixo grau para uso em outros locais da operação	Fazer	Implantação das mudanças	Reciclagem interna	Processo	Consumo de Energia	Nilsson (2007)
PO118	Reutilizar as águas de enxágüe final para as lavagens iniciais nas operações CIP	Fazer	Implantação das mudanças	Reciclagem interna	Processo	Efluentes Líquidos	Nilsson (2007)
PO119	Recuperação como produto primário ou reúso	Fazer	Implantação das mudanças	Reciclagem interna	Processo	Resíduos	Nilsson (2007)
PO120	Reciclagem de materiais ou reciclagem secundária	Fazer	Implantação das mudanças	Reciclagem interna	Processo	Resíduos	Nilsson (2007)
PO121	Reciclagem de materiais em escala molecular ou reciclagem terciária	Fazer	Implantação das mudanças	Reciclagem interna	Processo	Resíduos	Nilsson (2007)

PO122	Utilização de recursos ou reciclagem para fins com exigências menores de qualidade	Fazer	Implantação das mudanças	Reciclagem interna	Processo	Resíduos	Nilsson (2007)
PO123	Recuperação energética	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Resíduos	Nilsson (2007)
PO124	Reciclagem de resíduos contaminados	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Resíduos	Nilsson (2007)
PO125	Recuperação de subprodutos dos principais resíduos de produção (Co-produção)	Fazer	Implantação das mudanças	Reciclagem interna	Processo	Resíduos	Muchie (2000); Nilsson (2007)
PO126	Operar em sistema fechado	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Consumo de Água	Nilsson (2007)
PO127	Avaliar as possibilidades de reciclagem nas atividades operacionais	Fazer	Implantação das mudanças	Reciclagem interna	Processo	Resíduos	Yusup et al. (2015)
PO128	Redução da intensidade de consumo de materiais	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Consumo de Materiais	Van Berkel (2002)
PO129	Redução da intensidade de consumo de energia	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Consumo de Energia	Van Berkel (2002)
PO130	Maximizar o serviço entregue por um produto ou serviço	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Outros	Van Berkel (2002)
PO131	Redução do consumo de água	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Consumo de Água	Nilsson (2007)
PO132	Redução no uso de materiais tóxicos	Fazer	Implantação das mudanças	Substituição de Matéria Prima	Processo	Produtos Químicos e Tóxicos	Yepes et al. (2014)

PO133	Reduzir o uso de insumos e matéria-prima na fonte	Fazer	Implantação das mudanças	Substituição de Matéria Prima	Processo	Consumo de Materiais	Yusup et al. (2015); Oliveira et al. (2016b)
PO134	Integrar a dimensão ambiental no manuseio e trabalhos com materiais	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Consumo de Materiais	Yusup et al. (2015)
PO135	Reutilização de águas residuárias industriais como água de entrada	Fazer	Implantação das mudanças	Reciclagem interna	Processo	Efluentes Líquidos	Nilsson (2007)
PO136	Reutilização de material	Fazer	Implantação das mudanças	Reciclagem interna	Processo	Resíduos	Fresner et al. (2010)
PO137	Reutilização de estrutura	Fazer	Implantação das mudanças	Reciclagem interna	Processo	Resíduos	Fresner et al. (2010)
PO138	Reutilização de energia	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Consumo de Energia	Fresner et al. (2010)
PO139	Reutilizar a água de arrefecimento aquecida na limpeza da instalação	Fazer	Implantação das mudanças	Reciclagem interna	Processo	Consumo de Água	Fresner et al. (2010)
PO140	Utilizar calor residual de processo para aquecer edifícios de escritórios	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Consumo de Energia	Fresner et al. (2010)
PO141	Reutilização de matéria prima e resíduos	Fazer	Implantação das mudanças	Reciclagem interna	Processo	Resíduos	Huang, Luo, Xia (2013)
PO142	Sistematizar a reutilização de resíduos de produção	Fazer	Implantação das mudanças	Reciclagem interna	Processo	Resíduos	Oliveira et al. (2016b)
PO143	Segregação de resíduos	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Resíduos	Cetesb(2002)

PO144	Substituir matérias primas ou substâncias tóxicas por outras menos tóxicas	Fazer	Implantação das mudanças	Substituição de Matéria Prima	Processo	Consumo de Materiais	Fresner (1998); Hilson (2003)
PO145	Substituir de matérias primas por outras que podem ser utilizadas de forma mais eficiente	Fazer	Implantação das mudanças	Substituição de Matéria Prima	Processo	Consumo de Materiais	Fresner (1998)
PO146	Substituir de matérias primas por outras que possam ser recicladas internamente	Fazer	Implantação das mudanças	Substituição de Matéria Prima	Processo	Consumo de Materiais	Fresner (1998)
PO147	Substituir de matérias primas por outras que possam ser recicladas externamente	Fazer	Implantação das mudanças	Substituição de Matéria Prima	Processo	Consumo de Materiais	Fresner (1998)
PO148	Reduzir da dispersão de substâncias tóxicas	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Produtos Químicos e Tóxicos	Van Berkel (2002)

PO149	Substituir a matéria-prima e os produtos químicos de suporte (Uso de materiais menos tóxicos (solventes orgânicos, solventes halogenados, produtos petroquímicos, matérias-primas mais limpas, menos amianto, menos metais pesados).	Fazer	Implantação das mudanças	Substituição de Matéria Prima	Processo	Consumo de Materiais	UNEP (2002) ; Cetesb(2002); Van Berkel (2002); Nilsson (2007); Gravilescu (2005); Yuksel (2008); Fresner et al. (2010); Zhang et al. (2016); Oliveira et al. (2016b)
PO150	Utilizar matéria prima "limpa"	Fazer	Implantação das mudanças	Substituição de Matéria Prima	Processo	Emissões Atmosféricas	Nilsson (2007)
PO151	Utilizar menores quantidades de solventes	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Emissões Atmosféricas	Nilsson (2007)
PO152	Utilizar solventes com menor volatilidade	Fazer	Implantação das mudanças	Substituição de Matéria Prima	Processo	Emissões Atmosféricas	Nilsson (2007)
PO153	Utilizar solventes menos perigosos ao meio ambiente	Fazer	Implantação das mudanças	Substituição de Matéria Prima	Processo	Emissões Atmosféricas	Nilsson (2007)

PO154	Manter o estoque de produtos químicos no mínimo (somente o necessário para a produção atual) e comprar pequenos recipientes de materiais raramente usados.	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Produtos Químicos e Tóxicos	Nilsson (2007)
PO155	Rotulagem da área de armazenamento de substâncias perigosas.	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Produtos Químicos e Tóxicos	Nilsson (2007)
PO156	Fornecimento de sistemas de contenção e recolha de derrames durante o armazenamento.	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Produtos Químicos e Tóxicos	Nilsson (2007)
PO157	Utilizar matérias primas pré selecionadas para determinar interações com processos, substratos e outros produtos químicos, bem como efeitos ambientais, manuseio adequado e procedimentos de emergência para produtos químicos	Fazer	Implantação das mudanças	Substituição de Matéria Prima	Processo	Consumo de Materiais	Nilsson (2007); Medeiros et al. (2007)
PO158	Trabalhar com fornecedores para garantir que embalagens limpas sejam retornadas	Fazer	Implantação das mudanças	Reciclagem interna	Processo	Consumo de Materiais	Nilsson (2007)
PO159	Comprar produtos químicos em contêineres a granel e recipientes intermediários para granel retornáveis e reutilizáveis.	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Produtos Químicos e Tóxicos	Nilsson (2007)

PO160	Manusear produtos e matérias-primas de forma segura	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Consumo de Materiais	Fresner (1998); Nilsson (2007); Yuksel (2008)
PO161	Reduzir uso de recursos naturais no processo de manufatura	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Consumo de Materiais	Yuksel (2008)
PO162	Aumentar o uso sustentável de recursos renováveis	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Consumo de Materiais	Van Berkel (2002); Yuksel (2008); Zeng et al. (2010)
PO163	Utilizar tintas à base de água em vez de tintas à base de solventes	Fazer	Implantação das mudanças	Substituição de Matéria Prima	Processo	Produtos Químicos e Tóxicos	Fresner et al. (2010)
PO164	Utilizar de desengraxante à base de água em vez de solventes	Fazer	Implantação das mudanças	Substituição de Matéria Prima	Processo	Produtos Químicos e Tóxicos	Fresner et al. (2010)
PO165	Substituir materiais de isolamento das fibras de amianto por lã mineral	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Consumo de Materiais	Fresner et al. (2010)
PO166	Substituir cianetos na galvanização	Fazer	Implantação das mudanças	Substituição de Matéria Prima	Processo	Produtos Químicos e Tóxicos	Fresner et al. (2010)
PO167	Utilizar corantes livres de metais pesados no tingimento de têxteis	Fazer	Implantação das mudanças	Substituição de Matéria Prima	Processo	Produtos Químicos e Tóxicos	Fresner et al. (2010)
PO168	Analisar a reposição de materiais não tóxicos e não poluentes	Fazer	Implantação das mudanças	Substituição de Matéria Prima	Processo	Produtos Químicos e Tóxicos	Yusup et al. (2015)

PO169	Substituição de produtos	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação no produto	Processo	Outros	Zhang et al. (2016)
PO170	Desenvolver soluções tecnológicas	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Outros	Hilson (2000)
PO171	Modifcar/Implantar novas tecnologias mais limpas no sistema produtivo para prevenção da poluição	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Outros	Hale (1996); Muchie (2000); UNEP (2002); Van Berkel (2002); Hilson (2003); Gravilescu (2005); Medeiros et al. (2007); Nilsson (2007); Thrane et al. (2009); Munsamy et al. (2014); Oliveira et al. (2015a); Oliveira et al. (2015b); Zhang et al. (2016)
PO172	Avaliar melhores tecnologias disponíveis	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Outros	Fresner (1998)

PO173	Instalar medidores de água para monitorar o consumo.	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Consumo de Água	
PO174	Instalar válvulas magnéticas que fecham durante interrupções na produção	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Consumo de Água	Nilsson (2007)
PO175	Instalar acessórios que restrinjam ou controlem o fluxo de água para processos de limpeza manual	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Consumo de Água	Nilsson (2007)
PO176	Usar alta pressão em vez de grande volume para limpar superfícies	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Consumo de Água	Nilsson (2007)
PO177	Instalar medidores em equipamentos de alto uso para monitorar o consumo	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Consumo de Água	Nilsson (2007)
PO178	Usar ar comprimido em vez de água quando apropriado	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Consumo de Água	Nilsson (2007)
PO179	Instalar indicadores e sistemas de aviso de vazamentos e derramamentos.	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Efluentes Líquidos	Nilsson (2007)
PO180	Usar controles de nível e sistemas de desligamento automático para evitar derramamentos durante o esvaziamento de recipientes e tanques.	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Efluentes Líquidos	Nilsson (2007)

PO181	Instalar drenos com filtros e / ou armadilhas para evitar a entrada de materiais sólidos no sistema de efluentes	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Efluentes Líquidos	Nilsson (2007)
PO182	Instalar sensores e desviadores ópticos em linha para distinguir entre produto e água e minimizar perdas de ambos	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Efluentes Líquidos	Nilsson (2007)
PO183	Instalar e manter controles de nível e sistemas de desligamento automático em tanques para evitar o transbordamento.	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Efluentes Líquidos	Nilsson (2007)
PO184	Usar técnicas de limpeza a seco sempre que possível, raspando os recipientes antes de limpar ou pré-limpaá-los com pistolas de ar.	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Consumo de Água	Nilsson (2007)
PO185	Usar tampões para recuperar o produto de tubos antes de limpar internamente tanques	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Efluentes Líquidos	Nilsson (2007)
PO186	Implantar programas de desconexão e instalar sensores para desligar luzes e equipamentos quando não estiverem em uso.	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Consumo de Energia	Nilsson (2007)
PO187	Melhorar o isolamento em sistemas de aquecimento e resfriamento e tubulação	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Consumo de Energia	Nilsson (2007)

PO188	Favorecer equipamentos mais eficientes em termos energéticos	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Consumo de Energia	Nilsson (2007)
PO189	Fornecer instalações adequadas para recolher derramamentos	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Efluentes Líquidos	Nilsson (2007)
PO190	Instalar tubulações com um ligeiro gradiente para torná-las auto-drenantes	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Efluentes Líquidos	Nilsson (2007)
PO191	Instalação de bicos de gatilho em mangueiras para limpeza	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Consumo de Água	Nilsson (2007)
PO192	Tecnologias para eficiência e redução do consumo de energia são adotadas	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Consumo de Energia	Yuksel (2008)
PO193	Adquirir equipamentos considerando o desempenho ambiental como um dos requisitos	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Outros	Yuksel (2008)
PO194	Instalar um sensor de umidade e controle automático do fluxo de ar	Fazer	Implantação das mudanças	Boas práticas (Housekeeping)	Processo	Outros	Fresner et al. (2010)
PO195	Melhorar condições do processo por bombas doseadoras automáticas para os produtos químicos de processo	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Produtos Químicos e Tóxicos	Fresner et al. (2010)
PO196	Remoção de água por prensagem e por vácuo de tecidos antes da secagem térmica	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Efluentes Líquidos	Fresner et al. (2010)

PO197	Instalar sistema de rebarbação em moldes de injeção e mistura do granulado com a matéria-prima	Fazer	Implantação das mudanças	Modificação tecnológica	Processo	Resíduos	Fresner et al. (2010)
-------	--	-------	--------------------------	-------------------------	----------	----------	-----------------------

Apêndice C – Técnicas/Ferramentas de Produção mais Limpa

O Apêndice C apresenta a versão final da sistematização das técnicas/ferramentas de Produção mais Limpa.

Código	Técnica/Ferramenta	Detalhamento/ Exemplos de como aplicar as técnicas/ferramentas	Classificação Técnica/Ferramenta	Escopo	Etapa Ciclo PDCA	Etapas Metodologia P+L	Referência
TF01	Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)	Avaliar os impactos ambientais e recursos utilizados ao longo do ciclo de vida do produto, desde a matéria prima, uso e disposição final do produto. Consiste de 4 etapas: (1) definir o objetivo e escopo; (2) analisar o inventário de materiais; (3) avaliar os impactos ambientais e categorização para simplificar os dados do inventário e (4) interpretar os resultados para conclusões, recomendações e possíveis decisões.	Ferramentas de Inventário	Produto/Cadeia de valor	Planejamento	Avaliação de dados	Hale (1996); Van Berkel (1997b); Hilson (2000); UNEP (2001); Robert et al. (2002); Cagno, Trucco e Tardini (2005); Finnveden e Moberg (2005); Romero-Gamez et al. (2012); Bai, Zhang e Wang (2014); Almeida (2015); Oliveira et al. (2015a); Oliveira et al. (2015b)
TF02	Processo de avaliação do desempenho ambiental ampliado (ADAA)	Visa analisar a política da organização e liderança, o planejamento, o pessoal envolvido, a implantação, a operação e o controle dos resultados econômicos, sociais e ambientais.	Ferramentas de Gestão	Processo/Cadeia de valor	Planejamento	Avaliação de dados	Franke & Grothe-Senf (2006); Oliveira et al. (2015a); Oliveira et al. (2015b)

TF03	Avaliação de impacto ambiental (AIA)	Define estratégias para minimizar e controlar efeitos adversos ao meio ambiente Determina os objetivos iniciais, metas e procedimentos que a empresa necessita atingir ou implantar	Ferramentas de Gestão	Processo	Planejamento	Avaliação de dados	Hilson e Nayee (2002); Hilson (2003); Finnveden e Moberg (2005)
TF04	Matriz MET (Materiais, Energia e Emissões Tóxicas)	A Matriz MET (materiais, energia, emissões tóxicas) é usada como uma ferramenta para fazer um balanço dos aspectos ambientais mais importantes de um produto com esforços mínimos. A matriz combina um modelo de entrada-saída qualitativa com o ciclo de vida do produto. No modelo de insumo-produto distinguem-se três categorias de preocupações ambientais: Ciclo de materiais, uso de energia e emissões tóxicas. Na Matriz MET, o ciclo de vida de um produto é dividido em três fases: Produção, utilização e eliminação. Uma matriz completa gera informações qualitativas estruturadas sobre os aspectos ambientais associados à produção, uso e descarte de um produto. Esta informação baseia-se em grande parte no conhecimento e experiência disponíveis da equipe do projeto que efetua a análise.	Ferramentas de Inventário	Produto/Cadeia de valor	Planejamento	Avaliação de dados	Van Berkel (1997a); Van Berkel (1997b); Cagno, Trucco e Tardini (2005)
TF05	Diagrama de causa e efeito (Diagrama de Ishikawa ou espinha de peixe)	Técnica para identificar as fontes de desperdícios e encontrar soluções para reduzi-las ou eliminá-las	Ferramentas de Melhoria	Processo/Produto/Cadeia de valor	Planejamento	Avaliação de dados	Van Berkel (2002); Gravilescu (2005); Silva et al. (2013); Vieira e Amaral (2016)

TF06	Análise de exergia	Exergia é o máximo de trabalho útil teórico obtido se um sistema é trazido para o equilíbrio termodinâmico com o ambiente por meio de processos nos quais o sistema interage apenas com esse ambiente. Dessa forma, a análise da exergia é uma ferramenta de escopo que pode ser utilizada para identificar locais ou unidades operacionais onde a energia é degradada em um processo e qual a sua extensão perante ao total de perdas energéticas.	Ferramentas de Inventário	Processo	Planejamento	Avaliação de dados	Ghannadzadeh e Sadeqzadeh (2016)
TF07	Eco Balance	Eco Balance é uma ferramenta para identificação de intervenções ambientais nos processos de produção, incluindo as intervenções ambientais associadas com a produção de materiais e energia de entrada e consumo de produtos e co-produtos. O Eco Balance abrange toda a cadeia de valor, assim como a Avaliação de Ciclo de Vida, porém as intervenções ambientais são atribuídas à unidades físicas de produção e não à unidades funcionais do uso de produtos.	Ferramentas de Inventário	Processo/ Cadeia de valor	Planejamento	Identificação de opções de Produção mais Limpa	Van Berkel (1997a); Van Berkel (1997b); Cagno, Trucco e Tardini (2005)

TF08	Benchmarks	<p>Benchmarks ou valores de referência podem ser usados para identificar e priorizar oportunidades pendentes de melhoria de processos em uma determinada empresa. Os valores de referência ou de referência podem aplicar-se a diferentes preocupações ambientais, tais como o consumo de energia ou de água, as correntes e emissões de resíduos ou a utilização de materiais (em bruto). Estes valores de referência são normalizados para um determinado processo ou parâmetro de produção que tem uma relação direta com a carga ambiental. Através da comparação dos dados da empresa normalizada com os valores de referência, a empresa é capaz de estimar a ordem de magnitude das oportunidades de melhoria pendentes para diferentes partes dos processos de produção. A comparação dos dados da empresa com estes valores de referência ou com dados de outras empresas é então utilizada para avaliar se e onde existem oportunidades promissoras de melhoria. Isso pode convencer o empreendedor a iniciar investigações detalhadas sobre a viabilidade de diferentes oportunidades de melhoria.</p>	Ferramentas de Priorização	Processo	Planejamento	Avaliação de dados	<p>Van Berkel (1997a); Van Berkel (1997b); Cagno, Trucco e Tardini (2005)</p>
------	------------	---	----------------------------	----------	--------------	--------------------	---

TF09	Análise de Eco Portifólio	A Matriz de Eco Portfolio é uma matriz que ajuda a selecionar produtos e / ou atividades de negócios para um projeto de melhoria ambiental. A análise utiliza uma matriz para decidir qual produto é interessante do ponto de vista ambiental e econômico para iniciar um projeto de melhoria. O eixo horizontal da matriz consiste na rentabilidade do produto ou da atividade comercial. No eixo vertical é definida a carga ambiental. A matriz pode ser usada de duas maneiras. Primeiro, a matriz pode ser preenchida para toda a carteira de produtos; Isso apóia a seleção do produto mais promissor (piloto) para um projeto de melhoria ambiental. Em uma segunda etapa, a matriz pode ser preenchida novamente para algumas oportunidades de melhoria ambiental identificadas, que permitem a priorização entre as oportunidades de melhoria ambiental.	Ferramentas de Priorização	Produto/Cadeia de valor	Planejamento	Avaliação de dados	Van Berkel (1997a); Van Berkel (1997b); Cagno, Trucco e Tardini (2005)
TF10	Benchmarking Cleaner Production Tool (BCPT)	A ferramenta é voltada para a Produção mais Limpa na indústria Metal Mecânica e se baseia no princípio do balanço de massa. A ferramenta contempla todas as unidades de operação e descreve o perfil de Produção mais Limpa da indústria por meio de oito parâmetros após a inserção de dados levantados na empresa. A eficiência dos processos unitários é então calculada pela ferramenta como consumo de metais, produtos químicos, água, efluentes e lodo por unidade de produção. Na sequência os resultados são comparados com os valores das Melhores tecnologias disponíveis (BAT).	Ferramentas de Inventário	Processo	Planejamento	Avaliação de dados	Telukdarie et al. (2006)

TF11	Monitoring and Targeting (M&T)	Ferramenta desenhada originalmente para reduzir o consumo de energia das organizações. Utiliza uma abordagem de contabilidade que auxilia as organizações a atingir e manter as melhorias em eficiência por meio de análises detalhadas do seu uso de energia e materiais. Esses dados são analisados com relação à fatores que influenciam o uso de energia e materiais. Este sistema de informações possibilita o gerenciamento da eficiência dos recursos e consequentemente, possibilita a identificação, implantação e manutenção de medidas de Produção mais Limpa.	Ferramentas de Inventário	Processo	Planejamento	Avaliação de dados	Dobes (2013)
TF12	Ferramenta de avaliação de desempenho da conservação e do controle de poluição da água a nível de processo	-	Ferramentas de Inventário	Processo	Planejamento	Avaliação de dados	Chen et al. (2016)
TF13	Realizar o balanço do fluxo de materiais e energia	Prática utilizada para tentar encontrar desperdício no processo, e então localizar pontos de ação de Produção mais Limpa. Em alguns casos, o consumo de energia é também é observado como fluxo de materiais. A aplicação dessa ferramenta auxilia a realizar propostas de modificações em equipamentos ou materiais, oportunidades para reuso e recuperação. É a análise dos fluxos de entrada e saída materiais e energia. Está relacionado com a redução ou substituição de matérias primas, químicos, energia, água, emissões e resíduos.	Ferramentas de Inventário	Processo	Planejamento	Coleta de dados/Avaliação de dados	Van Berkel (1997a); Van Berkel (1997b); Fresner (1998); UNEP (2001); Van Berkel (2002) Finnveden e Moberg (2005); Cagno, Trucco e Tardini (2005); Fresner et al. (2010); Lopes Silva (2013); Oliveira et al. (2016b); Vieira e Amaral (2016)

TF14	Benchmarking	-	Ferramentas de Melhoria	Processo/ Produto/Cadeia de valor	Planejamento	Todas	Silva et al. (2013)
TF15	Brainstorming	-	Ferramentas de Melhoria	Processo/ Produto/Cadeia de valor	Planejamento	Avaliação de dados/Identificação de opções de Produção mais Limpa	Van Berkel (1994); Silva et al. (2013); Vieira e Amaral (2016)
TF16	Cartas de controle	-	Ferramentas de Gestão	Processo	Verificação	Avaliação das ações de Produção mais Limpa	Silva et al. (2013)
TF17	Checklist	-	Ferramentas de Melhoria	Processo/ Produto/Cadeia de valor	Planejamento	Coleta de dados	Silva et al. (2013)
TF18	Processo de análise e melhoria contínua	A empresa possui metodologia de avaliação periódica dos ganhos com a implementação da P+L, além da análise pontual de cada projeto, com o uso de indicadores para monitorar o consumo de recursos por produto produzido, emissão de poluentes no mês, produção de resíduos (sucata e refugo) por unidade produzida, ganhos financeiros com a implementação de novos projetos de P+L e controle de destinação dos resíduos por tipo e destinação final.	Ferramentas de Melhoria	Processo/ Produto/Cadeia de valor	Planejamento	Todas	Tseng et al. (2009) ; Guimarães et al. (2013); Guimarães et al. (2015)
TF19	Análise de Custo Benefício (CBA)	É uma ferramenta analítica para avaliação dos custos totais e benefícios de um projeto planejado.	Ferramentas de Priorização	Processo	Planejamento	Avaliação de dados	Finnveden e Moberg (2005)

TF20	Total Cost Calculation	<p>Cálculo de Custo Total é uma ferramenta de priorização de um único critério para a comparação dos custos totais causados pela geração de resíduos e emissões. Ele é usado para estimar os benefícios financeiros potenciais que podem ser obtidos com medidas preventivas em diferentes partes de uma empresa. Isso permite que a administração da empresa focalize as atividades do IE nas unidades de processo onde a maior economia possível pode ser alcançada. O Cálculo do Custo Total começa com a avaliação das diferentes categorias de custos ambientais, incluindo o custo de recolha, transporte, tratamento e eliminação final dos resíduos e das emissões mais o valor das matérias-primas ou produtos perdidos juntamente com o fluxo de resíduos específico. Além disso, podem ser quantificados custos ainda menos tangíveis como a responsabilidade, a manifestação e a imagem / relações públicas. Em seguida, esses custos ambientais devem ser alocados às unidades do processo de produção que causam os custos, a fim de ser capaz de identificar em que partes dos processos de produção a maior poupança pode ser alcançada. Um Fluxograma de Processo ou mesmo um Balanço de Material pode ser necessário para alocar custos para unidades de processo. Este cálculo de custos cria uma melhor percepção dos custos totais, associados aos diferentes fluxos de resíduos e / ou operações da unidade.</p>	Ferramentas de Priorização	Processo	Planejamento	Avaliação de dados	<p>Van Berkel (1997a); Van Berkel (1997b); Cagno, Trucco e Tardini (2005)</p>
------	------------------------	--	----------------------------	----------	--------------	--------------------	---

TF21	Calculo do Custo do Ciclo de Vida (LCC)	Avaliar os custos de um produto ou serviço com base na perspectiva de ciclo de vida.	Ferramentas de Priorização	Produto/Cadeia de valor	Planejamento	Avaliação de dados	Van Berkel (1997a); Van Berkel (1997b); Cagno, Trucco e Tardini (2005)
TF22	Gerenciamento de Custos Ambientais Environmental Management Accounting (EMS)	<p>Técnica que identifica os custos ambientais baseado em um sistema dinâmico de informações, o qual torna possível alocar e em termos absolutos também quantificar as perdas relacionadas com as saídas de não produtos dos processos. A técnica consiste em quatro categorias de custos ambientais (Tratamento de emissões e resíduos, Prevenção e gestão ambiental, Valor da compra de materiais de saídas de não produtos, Custos de processamentos de saídas de não produto) e uma categoria de ganho ambiental (Receitas ambientais). Adicionalmente a técnica possui checklists de custos ou outras medidas de desempenho para oito meios ambientais (Ar/Clima, Efluentes, Resíduos, Ruído/Vibração, Biodiversidade/Paisagem, Radiação e outros custos ambientais). Dessa forma a técnica tem o objetivo de calcular e reportar custos e outras métricas para cada uma dessas quatro categorias de acordo com os oito meios ambientais.</p>	Ferramentas de Priorização	Processo	Planejamento	Avaliação de dados	UN (2001); Gale (2006); Dobes (2013); Vieira e Amaral (2016)

TF23	Environment-oriented Cost Management (EoCM)	A técnica visa melhorar o desempenho ambiental das empresas enquanto reduz os custos de produção e aumenta a eficiência organizacional.	Ferramentas de Priorização	Processo	Planejamento	Avaliação de dados	Hicks e Dietmar (2007)
TF24	Guia para Design for Environment (DfE)	O objetivo desta ferramenta de gestão é permitir às empresas introduzir um procedimento sistemático para a melhoria do produto orientado para o ambiente. O manual destina-se a empresas e designers que trabalham na melhoria de um produto existente ou no desenvolvimento de um novo produto.	Ferramentas de Gestão	Produto	Planejamento	Coleta de dados/Avaliação de dados/Identificação de opções de Produção mais Limpa	Van Berkel (1997a); Van Berkel (1997b); Cagno, Trucco e Tardini (2005)

TF25	Matriz Síntese de Produtos	<p>O objetivo desta ferramenta é facilitar a seleção das mais desejáveis de várias opções de projeto (para processos, materiais e / ou produtos), comparando os atributos de um projeto com os de outro. Esta ferramenta consiste em dois estágios. Na primeira etapa são preenchidas quatro matrizes primárias: uma matriz ambiental, uma matriz de produção, uma matriz de toxicidade / exposição e uma matriz social / política. Cada matriz tem dois eixos. O eixo do ciclo de vida é o mesmo em cada matriz e pode ser dividido em número de estágios apropriados para o produto considerado. O segundo eixo é dividido em diferentes questões relacionadas com a fabricação, ambiental, toxicidade / exposição ou aspectos sociais / políticos. Na matriz ambiental, por exemplo, o segundo eixo é dividido em escolha de material, uso de energia, resíduos sólidos, resíduos líquidos e resíduos gasosos. Cada elemento na matriz é avaliado qualitativamente. Cada uma das quatro matrizes recebe um grau de preocupação geral e as avaliações agrupadas são então transferidas para uma matriz de resumo que apresenta os resultados das avaliações em todos os quatro critérios. A determinação da matriz de resumo é bastante difícil e, portanto, pelo menos até certo ponto, subjetiva e depende da especialização da equipe de auditoria.</p>	Ferramentas de Priorização	Produto	Planejamento	Identificação de opções de Produção mais Limpa	Van Berkel (1997a); Van Berkel (1997b); Cagno, Trucco e Tardini (2005)
------	----------------------------	--	----------------------------	---------	--------------	--	--

TF26	Matriz de melhoria de produtos	<p>A AT & T desenvolveu uma ferramenta para analisar a carga ambiental restante após a melhoria de um produto, processo ou instalação. A ferramenta existe de uma matriz 5 x 5, na qual as várias etapas do ciclo de vida de um produto, processo ou instalação são combinadas com preocupações ambientais (impactos ecológicos da escolha de materiais, uso de energia, resíduos sólidos, resíduos líquidos, resíduos gasosos). Contudo, não está envolvida a atribuição de inputs / outputs materiais específicos a aspectos ambientais específicos. Cada elemento da matriz pode ser preenchido com base em listas de verificação. A cada elemento é atribuído um número inteiro entre 0 e 4 (0 é o maior impacto e 4 é o mais baixo impacto). A matriz exhibe uma avaliação geral útil do projeto (uma exibição mais sucinta do projeto de produto ambiental melhorado individual é fornecida por um gráfico de destino). A classificação geral do produto ambientalmente responsável é calculada como a soma dos valores do elemento da matriz. É possível utilizar esta Matriz de Melhoramento de Produto tanto para a identificação de oportunidades de melhoria de produto (no decurso de um projecto DfE) como para a avaliação de oportunidades de melhoria incluídas numa concepção de produto concluída (no final de um projecto DfE).</p>	Ferramentas de Melhoria	Produto	Planejamento	Continuidad e do programa	<p>Van Berkel (1997a); Van Berkel (1997b); Cagno, Trucco e Tardini (2005)</p>
------	--------------------------------	--	-------------------------	---------	--------------	---------------------------	---

TF27	Abordagens de melhoria de produtos	<p>Esta ferramenta de melhoria visa a identificação e implementação de opções de melhoria ambiental para os produtos existentes. O inventário de opções de melhoria ambiental é alimentado com os resultados de uma análise abreviada dos problemas ambientais de um produto durante todo o seu ciclo de vida (por exemplo, MET Matrix ou Abridged LCI). As opções são geradas na fase posterior do processo de projeto com o uso de abordagens de melhoria do produto, tais como:</p> <p>Realização de necessidades alternativas; Extensão da vida útil do produto; Seleção e uso efetivo de materiais; Fechamento de ciclos de materiais; Conservação de energia (na produção, uso, etc.); Produção mais limpa; Distribuição eficiente e logística. Para isso, organizam-se sessões de brainstorming, que reúnem pessoas de diferentes disciplinas (designers, engenheiros de processo, engenheiros de materiais, etc.). É gerada uma lista de opções para melhorar um produto existente. Essas opções devem então ser avaliadas em critérios ambientais, técnicos e econômicos.</p>	Ferramentas de Melhoria	Produto	Planejamento	Coleta de dados/Avaliação de dados/Identificação de opções de Produção mais Limpa	Van Berkel (1997a); Van Berkel (1997b); Cagno, Trucco e Tardini (2005)
TF28	Checklists (Estratégia de Produto, Design e Especificações)		Ferramentas de Melhoria	Produto/Cadeia de valor	Planejamento	Coleta de dados/Identificação de opções de Produção mais Limpa	Van Berkel (1997b); Cagno, Trucco e Tardini (2005)

TF29	Ecodesign or Design for Environment (DfE)	O Ecodesign visa minimizar os impactos ambientais de um produto e alcançar reduções importantes no uso de recursos e energia ao longo do ciclo de vida do produto (incluindo a fase de fabricação).	Ferramentas de Gestão	Produto	Planejamento	Coleta de dados/Avaliação de dados/Identificação de opções de Produção mais Limpa	Nilsson (2007)
TF30	Roda Estratégica de Ecodesign	A Roda Estratégica de Ecodesign fornece um quadro básico para rever sistematicamente todo o ciclo de vida de um produto. É uma ferramenta que pode estimular um processo de design criativo e criar oportunidades de melhoria. A Roda Estratégica começa com a estratégia denominada conceitos de novos produtos e, em seguida, inclui uma série de estratégias sobre seleção de materiais, produção, distribuição, uso e fim da vida de um produto, etc.	Ferramentas de Gestão	Produto	Planejamento	Coleta de dados/Avaliação de dados/Identificação de opções de Produção mais Limpa	Nilsson (2007)
TF31	Design for Manufacture and Assembly – DFMA	O Projeto para Manufatura e Desmontagem (DFMA) é uma filosofia que utiliza diversos conceitos, técnicas, ferramentas e métodos para aperfeiçoar a fabricação de componentes ou simplificar a montagem de produtos, utilizando para tal, desde a análise de valores de tolerâncias, a complexidade do produto, número mínimo de componentes necessários, layout do produto dentre outros.	Ferramentas de Gestão	Produto	Planejamento	Coleta de dados/Avaliação de dados/Identificação de opções de Produção mais Limpa	Edwards (2002); Birch et al. (2012); Ortegón et al. (2013); Oliveira et al. (2015a); Oliveira et al. (2015b)
TF32	Diagrama de dispersão	Diagrama ou gráfico de dispersão é uma ferramenta que indica a existência, ou não, de relações entre variáveis de um processo e sua intensidade, representando duas ou mais variáveis uma em função da outra.	Ferramentas de Melhoria	Processo/Produto/Cadeia de valor	Planejamento	Avaliação de dados	Silva et al. (2013)

TF33	Diagramas de fluxo	O fluxograma é um diagrama utilizado para representar a sequência dos processos, através de símbolos gráficos. Os símbolos proporcionam uma melhor visualização do funcionamento do processo, ajudando no seu entendimento. No gerenciamento de processos, tem como objetivo garantir a qualidade e aumentar a produtividade, através da documentação do fluxo das atividades, utilizando diversos símbolos diferentes para identificar os diferentes tipos de atividades.	Ferramentas de Inventário	Processo	Planejamento	Coleta de dados/Avaliação de dados	Silva et al. (2013)
TF34	Análise de pareto	Seleção de oportunidades de Produção mais Limpa. Se todas as oportunidades de Produção mais Limpa identificadas no mapeamento de processos fossem dispostas na ordem do seu valor real para a organização, geralmente encontra-se que 20% das oportunidades promovem aproximadamente 80% dos benefícios de custos.	Ferramentas de Priorização	Processo/Produto	Planejamento	Avaliação de dados/Identificação de opções de Produção mais Limpa	Van Berkel (2002); Silva et al. (2013); Vieira e Amaral (2016)
TF35	Tecnologia Pinch	A tecnologia Pinch apresenta uma metodologia simples para a análise sistemática de processos e os sistemas de utilidade circundante com a ajuda da primeira e segunda leis da termodinâmica. Aplicando a metodologia de análise de pitada a um sistema de processo complexo, a tarefa de otimizar os fluxos de calor no sistema de processo é grandemente facilitada. Para maximizar a recuperação de energia e minimizar a necessidade de energia (aquecimento e resfriamento) é necessária uma rede apropriada de permutadores de calor.	Ferramentas de Gestão	Processo	Planejamento	Avaliação de dados	Nilsson (2007)

TF36	A existência de norma (AA1000) que trata aspectos da inclusão das partes interessadas nas decisões operacionais	Visa complementar os padrões do GRI (Global Reporting Initiative) sobre a gestão dos stakeholders em cinco aspectos: planejamento, contabilidade social, auditoria e relatório social, integração de sistemas e diálogo com os stakeholders, permitindo a participação nas decisões operacionais, que possibilita maior participação dos fornecedores e clientes.	Ferramentas de Gestão	Cadeia de Valor	Planejamento	Coleta de dados/Avaliação de dados/Identificação de opções de Produção mais Limpa	Accountability (2003); Hsu et al. (2013); Oliveira et al. (2015a); Oliveira et al. (2015b)
TF37	Estratificação	A estratificação é uma ferramenta da qualidade que tem por objetivo separar os dados levantados em grupos distintos, como por exemplo, estratificação por local, por data, por turno, por tipo, etc. A estratificação permite analisar os dados separadamente para descobrir onde realmente está a verdadeira causa de um problema.	Ferramentas de Melhoria	Processo/Produto/Cadeia de Valor	Planejamento	Avaliação de dados	Silva et al. (2013)
TF38	Supply Chain Management (SCM)	Supply Chain Management (SCM) é a coordenação de como materiais, informações e finanças se movimentam em um processo de fornecedor para fabricante, em seguida de atacadista para varejista, e por fim, para o consumidor. A escolha adequada do fornecedor de matéria-prima oferece uma possibilidade muito importante de reduzir o impacto ambiental de um produto.	Ferramentas de Gestão	Cadeia de Valor	Planejamento	Coleta de dados/Avaliação de dados/Identificação de opções de Produção mais Limpa	Nilsson (2007)

TF39	Guia para melhoria ambiental da cadeia de valor (EloPC)	<p>Esta ferramenta é proposta com base em experiências com Melhorias Ambientais de Varejo. Isso pode ser interpretado como o desenvolvimento conjunto de compras ambientais (abordagens de fornecedores), marketing ambiental (abordagens de clientes) e gestão ambiental (abordagens internas da empresa). Este conceito tem sido tentativamente ampliado para acomodar as oportunidades de IE de fabricação, montagem e indústria de serviços. O EloPC deverá então ser alcançado através da adoção, mais ou menos paralela, de quatro estratégias: Concepção ambiental do produto; Compras verdes, Subcontratação verde e Prevenção da Poluição. O Guia EloPC proposto visa promover a implementação conjunta destas quatro estratégias. O procedimento é dividido em três fases. A primeira fase (preparação) visa definir projetos de melhoria para cada uma das quatro estratégias especificadas acima, com base nos resultados de uma análise preliminar da carga ambiental do produto e uma análise das bases de clientes e fornecedores. Na segunda fase, estão a ser implementados projetos de melhoria ambiental quer no âmbito da empresa (no caso da prevenção da poluição), quer em cooperação com os clientes (no caso da concepção de produtos ambientais), ou em cooperação com fornecedores. Na terceira, os resultados dos projetos são monitorados e comunicados aos fornecedores e clientes.</p>	Ferramentas de Gestão	Cadeia de Valor	Planejamento	Coleta de dados/Avaliação de dados/Identificação de opções de Produção mais Limpa	Van Berkel (1997a); Van Berkel (1997b); Cagno, Trucco e Tardini (2005)
------	---	---	-----------------------	-----------------	--------------	---	--

TF40	ERP – Enterprise Resource Planning	-	Ferramentas de Gestão	Cadeia de Valor	Planejamento	Coleta de dados/Avaliação de dados/Identificação de opções de Produção mais Limpa	Vachon & Klassen (2008); Oliveira et al. (2015a); Oliveira et al. (2015b)
TF41	MRP – material resource planning.	-	Ferramentas de Gestão	Cadeia de Valor	Planejamento	Coleta de dados/Avaliação de dados/Identificação de opções de Produção mais Limpa	Vachon & Klassen (2008); Oliveira et al. (2015a); Oliveira et al. (2015b)
TF42	E-sourcing/ SRM - Supplier Relationship Management	-	Ferramentas de Gestão	Cadeia de Valor	Planejamento	Coleta de dados/Avaliação de dados/Identificação de opções de Produção mais Limpa	Vachon & Klassen (2008); Oliveira et al. (2015a); Oliveira et al. (2015b)
TF43	CRM - Customer Relationship Management	-	Ferramentas de Gestão	Cadeia de Valor	Planejamento	Coleta de dados/Avaliação de dados/Identificação de opções de Produção mais Limpa	Vachon & Klassen (2008); Oliveira et al. (2015a); Oliveira et al. (2015b)

TF44	Histograma	Os histogramas são usados para mostrar a frequência com que algo acontece. Por exemplo, em um caso onde fosse necessário mostrar de forma gráfica a distribuição de altura de estudantes de uma escola, uma das maneiras mais adequadas para isso seria fazê-lo por meio de um histograma.	Ferramentas de Melhoria	Processo/ Produto/C adeia de Valor	Planejamento	Avaliação de dados	Silva et al. (2013)
TF45	Eco Profile	Indicadores de ecoeficiencia padrão que medem a eficiencia do negócio com relação ao uso de recursos naturais	Ferramentas de Gestão	Processo	Planejamento	Definição de indicadores de desempenh o/Avaliação das ações de Produção mais Limpa	Van Berkel (2002); Almeida (2015)
TF46	Estrutura de Indicadores de Produção mais Limpa baseada na Análise Hierarquica de Processo Fuzzy (AHP)	Conjunto de indicadores utilizados para avaliar os resultados da aplicação da Produção mais Limpa	Ferramentas de Gestão	Processo	Planejamento	Definição de indicadores de desempenh o/Avaliação das ações de Produção mais Limpa	Jia et al. (2014)
TF47	Sistema de avaliação de Produção mais Limpa	Técnica de avaliação que tem como objetivo permitir que os tomadores de decisão avaliem a efetividade da implantação da Produção mais Limpa na organização. A ferramenta consiste em 6 indicadores principais e 24 sub indicadores. A técnica também estabelece a priorização de indicadores por meio da aplicação da Análise Hierarquica de Processo Fuzzy (AHP).	Ferramentas de Gestão	Processo	Verificação	Definição de indicadores de desempenh o/Avaliação das ações de Produção mais Limpa	Bai, Zhang e Wang (2014)

TF48	O método Sellitto, Borchardt e Pereira	Possibilita realizar o desdobramento do desempenho ambiental de uma operação; utilização de indicadores de desempenho nos construtos principais; a priorização sobre os construtos principais e os indicadores podem ser agregados para índice global para comunicação e tomada de decisão.	Ferramentas de Gestão	Processo	Verificação	Definição de indicadores de desempenho/Avaliação das ações de Produção mais Limpa	Sellitto et al. (2010); Oliveira et al. (2015a); Oliveira et al. (2015b)
TF49	Mapa de fluxo de processo	-	Ferramentas de Inventário	Processo	Planejamento	Coleta de dados/Avaliação de dados	Van Berkel (1997a); Van Berkel (1997b); Cagno, Trucco e Tardini (2005); Gravilescu (2005); Fresner et al. (2010)
TF50	Análise do fluxo de recursos pela cadeia de produção	Quantifica e analisa os impactos econômicos e ambientais dos fluxos de massa e energia de um produto desde a sua concepção até descarte. Esta análise identifica áreas onde a aplicação de práticas alternativas podem promover uma atividade mais ambientalmente sustentável por meio da redução dos impactos ambientais, conservação de recursos, melhores benefícios sociais e melhor desempenho econômico.	Ferramentas de Inventário	Processo/Produto/Cadeia de Valor	Planejamento	Coleta de dados/Avaliação de dados	Narayanaswamy et al. (2003)
TF51	Mapeamento Hierarquico de Processos		Ferramentas de Inventário	Processo	Planejamento	Avaliação de dados	Van Berkel (2002)
TF52	Matriz GUT	É uma ferramenta de auxílio na priorização de resolução de problemas. A matriz serve para classificar cada problema que você julga pertinente para a sua empresa pela ótica da gravidade (do problema), da urgência (de resolução dele) e pela tendência.	Ferramentas de Priorização	Processo/Produto/Cadeia de Valor	Planejamento	Avaliação de dados	Silva et al. (2013); Vieira e Amaral (2016)

TF53	Material Input Pro Service (MIPS)	É uma ferramenta que relaciona os fluxos de materiais e energia, aspectos e impactos ambientais com a unidade definida para o serviço prestado. Avalia as implicações de diversas rotas de processos ao longo da cadeia de suprimentos. Essa ferramenta lista as massas movimentadas para produzir um certo bem de consumo de acordo com a qualidade desses fluxos de massa. Essa ferramenta relaciona tudo em uma única unidade (fluxo de massa). Dessa forma, ela possibilita a elaboração de rankings claros das diferentes tecnologias ou rotas de processo e as relacionada com a redução do fluxo de massa e melhoria na eficiência do uso de materiais.	Ferramentas de Inventário	Processo/Cadeia de valor	Planejamento	Coleta de dados/Avaliação de dados	Schmidt-Bleek (1993); Van Berkel (2002); Ritthoff et al. (2002); Robert et al. (2002); Finnveden e Moberg (2005); Wuppertal Institute (2014); Oliveira et al. (2015a); Oliveira et al. (2015b)
TF54	Fator X	O conceito do Fator X é uma maneira de utilizar métricas em várias atividades que podem reduzir o uso de recursos e energia em um determinado processo. A seguinte pergunta deve ser feita: "Por qual fator se pode ou se deve reduzir os fluxos de materiais? Isto faz com que o Fator X seja uma abordagem para monitoramento das atividades destinadas a desmaterialização de cada condição do sistema muito útil e flexível.	Ferramentas de Gestão	Processo	Planejamento	Coleta de dados/Avaliação de dados	Robert et al. (2002)
TF55	Inventário de Opções de Produção mais Limpa	O Inventário de opções é uma ferramenta de melhoria específica do setor, visando a geração de melhorias de processos por meio de uma lista de verificação com opções de melhoria para um determinado setor industrial ou processo de produção.	Ferramentas de Melhoria	Processo	Planejamento	Identificação de opções de Produção mais Limpa	Van Berkel (1997a); Van Berkel (1997b); Van Berkel (2002); Cagno, Trucco e Tardini (2005)

TF56	Avaliação de Opções	A Avaliação de Opções pode ser considerada como uma avaliação multicritério para avaliar e selecionar entre os produtos redesenhados alternativos ou melhorias nos processos. A Avaliação de Opções é normalmente aplicada nos estágios posteriores de um projeto de IE. A Avaliação de Opção é então executada para a lista de produtos e / ou alternativas de processos identificados no curso do projeto IE. A Avaliação de Opção consiste em diferentes estudos de viabilidade. Dependendo do tipo de opção, devem ser realizadas análises técnicas, econômicas e ambientais para avaliar se as opções são viáveis e podem ser postas em prática. A comparação dos resultados dos estudos de viabilidade pode então ser utilizada para selecionar as opções viáveis e mais interessantes para implementação na empresa. Para essa seleção, pode-se fazer uma distinção entre as opções de implementação de curto, médio e longo prazos.	Ferramentas de Priorização	Processo	Planejamento	Identificação de opções de Produção mais Limpa	Van Berkel (1997a); Van Berkel (1997b); Cagno, Trucco e Tardini (2005); Gravilescu (2005)
TF57	Método ou rotina de geração de opções de Produção mais Limpa		Ferramentas de Melhoria	Processo	Planejamento	Identificação de opções de Produção mais Limpa	Van Berkel (2002)
TF58	Estabelecer ações (opções) de Produção mais Limpa		Ferramentas de Melhoria	Processo	Planejamento	Identificação de opções de Produção mais Limpa	Van Berkel (2002)
TF59	Lista de opções de produção mais limpa	Lista contemplando as opções de práticas de Produção mais Limpa a serem implantadas	Ferramentas de Melhoria	Processo	Planejamento	Identificação de opções de Produção mais Limpa	Gravilescu (2005)

TF60	Análise de Eco Oportunidades	<p>A ferramenta de priorização Eco Opportunity emprega uma análise multicritério para a priorização de intervenções ambientais causadas por uma empresa. A avaliação tem lugar com base num conjunto de critérios. Este conjunto pode incluir cinco tipos de critérios: em particular, o potencial económico, ambiental, político, social e de melhoria. A avaliação pode ser qualitativa ou quantitativa e resulta em diferentes pontuações em cada um dos subconjuntos de critérios ". Esta ferramenta de priorização requer um inventário de intervenções ambientais de um processo como input, que por sua vez pode ser gerado com, por exemplo, a ferramenta Eco Balance. Na Eco Opportunity, cada intervenção ambiental é pontuada em diferentes critérios. Para poder comparar as áreas de prioridade, as pontuações nos diferentes critérios podem ser agregadas. Esta agregação consiste em duas etapas. A primeira é a agregação dos escores dentro de um conjunto de critérios (por exemplo, os critérios económicos), resultando em cinco escores diferentes para cada intervenção ambiental. Isto é então seguido por uma agregação destas cinco pontuações, resultando em uma pontuação única para cada intervenção ambiental. Esses escores individuais podem ser usados para o ajuste de prioridade. Para a agregação das diferentes pontuações a uma única pontuação, podem ser utilizados vários métodos (comparáveis à Avaliação do Ciclo de Vida).</p>	Ferramentas de Priorização	Processo/ Cadeia de valor	Planejamento	Identificação de opções de Produção mais Limpa	<p>Van Berkel (1997a); Van Berkel (1997b); Cagno, Trucco e Tardini (2005)</p>
------	------------------------------	--	----------------------------	---------------------------	--------------	--	---

TF61	Brainwriting	Geração de soluções alternativas. Muitas alternativas de Produção mais Limpa tem que ser identificadas a partir de uma oportunidade de Produção mais Limpa com objetivo de identificar a melhor alternativa.	Ferramentas de Melhoria	Processo/ Produto	Planejamento	Identificação de opções de Produção mais Limpa	Van Berkel (2002)
TF62	Bubble-up - Bubble-down	Seleção de alternativas para implantação. Esta ferramenta (também conhecida como Análise Forçada de Pares) força a seleção da melhor entre a combinação de duas alternativas. É um excelente meio para priorização e seleção de uma alternativa para implantação (ou futura avaliação) de uma longa lista de possibilidades	Ferramentas de Priorização	Processo/ Produto	Planejamento	Identificação de opções de Produção mais Limpa	Van Berkel (2002)
TF63	Plano de Ação 5W2H (o quê, quando, quem, onde, por que, como, quanto)	Implantação de alternativas de Produção mais Limpa. Um plano de ação formal apresenta uma sequencia de etapas necessárias para implantar qualquer alternativa, considerando um responsável, os recursos necessários, o prazo para finalização e o método para a análise de desempenho.	Ferramentas de Melhoria	Processo/ Produto/C adeia de valor	Implantação	Implantação das mudanças	Van Berkel (2002); Silva et al. (2013); Vieira e Amaral (2016)
TF64	Eco-Compass	Ferramenta para planejamento de futuros desenvolvimentos e avaliações de conceitos de processos em sua etapa de desenvolvimento. É utilizada para comparar opções de Produção mais Limpa.	Ferramentas de Priorização	Processo	Planejamento	Identificação de opções de Produção mais Limpa	Fussler et al. (1996); Van Berkel (2002)
TF65	Técnica de Checkland para estruturação de problemas	O uso da técnica de Checkland visa, a partir da comparação do sistema de produção atual com o modelo conceitual, a definir as ações necessárias para adoção de um determinado programa ou estratégia em uma empresa.	Ferramentas de Melhoria	Processo	Planejamento	Identificação de opções de Produção mais Limpa	Silva e Medeiros (2006)
TF66	Técnica TRIZ (Theory of inventive problem solving)	É uma técnica para desenvolver opções de melhoria de processos em um nível geral que pode ser realizada sem conhecimento técnico específico sobre o processo a ser melhorado.	Ferramentas de Melhoria	Processo	Planejamento	Identificação de opções de Produção mais Limpa	Fresner et al. (2010); Vieira e Amaral (2016)

TF67	Estratégia de Prevenção da Poluição	<p>A Estratégia de Prevenção da Poluição (PP) é uma ferramenta de melhoria organizada hierarquicamente para um processo de produção específico ou unidade de produção. Uma estratégia PP está incluída em vários planos de auditoria. Tais planos de auditoria contêm uma hierarquia ou estratégia para a redução da quantidade de qualquer resíduo de processo e substituição de qualquer material tóxico. Esta estratégia geralmente consiste de quatro etapas: Redesenho processo para substituir materiais tóxicos; Minimizar resíduos de processo; Reutilização de resíduos de processo e Desenho do processo para que os fluxos de resíduos se tornem fluxos de subproduto. Esta Estratégia de PP também pode ser aplicada na apresentação de opções de melhoria de processos. Por exemplo, as Folhas de Dados de PP podem ser organizadas - como uma estratégia para a indústria de metal e galvanoplastia ". Estas opções são apresentadas de forma hierárquica: em primeiro lugar, as opções de melhoria relativas à investigação da necessidade de limpeza, seguidas por opções para a aplicação de materiais de limpeza menos nocivos, opções para a otimização do processo de limpeza e boa limpeza e terminando com opções para a otimização da reciclagem no local e fora do local.</p>	Ferramentas de Melhoria	Processo	Planejamento	Coleta de dados/Avaliação de dados/Identificação de opções de Produção mais Limpa	<p>Van Berkel (1997a); Van Berkel (1997b); Van Berkel (2002); Cagno, Trucco e Tardini (2005); Harrington (2012); Hoque & Clarke (2013); Oliveira et al. (2015a); Oliveira et al. (2015b)</p>
------	-------------------------------------	---	-------------------------	----------	--------------	---	---

TF68	Técnicas de Prevenção da Poluição	<p>Uma lista de verificação das cinco técnicas de PP pode ser usada para a geração de uma série de opções de melhoria alternativas para um determinado processo de produção. A lista de verificação é frequentemente utilizada como parte de um projecto TUR ou PP. A lista de verificação com cinco técnicas de PP baseia-se nos cinco fatores que geralmente afetam volume e composição de fluxos e emissões de resíduos: o produto, materiais de entrada, resíduos e emissões, tecnologia e execução de processo. Todas estas cinco causas possíveis de geração de resíduos podem ser tratadas por uma técnica específica de PP: Modificação do produto; Modificação tecnológica; Boa arrumação; Substituição de entrada e reutilização no local. Esta lista de verificação é frequentemente usada como ponto de partida em uma sessão de brainstorming com a equipe de produção de uma determinada instalação. As cinco técnicas de PP indicam em quais direções as opções podem ser geradas. Gerar opções PP adequadas é, no entanto, ainda um processo criativo. O processo de geração de opções é alimentado com informações de uma ferramenta de inventário orientada a processos, como um Fluxograma de Processo ou um Balanço Eco. A fim de obter os maiores benefícios económicos e ambientais possíveis, parece ser importante gerar tantas opções alternativas de PP quanto possível. A lista de verificação foi utilizada em numerosos projetos PP em diferentes setores a indústria.</p>	Ferramentas de Melhoria	Processo	Planejamento	Identificação de opções de Produção mais Limpa	<p>Van Berkel (1997a); Van Berkel (1997b); Van Berkel (2002); Cagno, Trucco e Tardini (2005)</p>
------	-----------------------------------	---	-------------------------	----------	--------------	--	---

TF69	Blueprint	Um plano/modelo (Blueprint) que especifique os processos mais ecológicos para um conjunto de operadores de unidades (empresa) ou para a produção de um produto bem especificado (nível de produto) pode orientar a implementação de melhorias ambientais num determinado processo de produção ou em um ciclo de vida. Um Blueprint para um conjunto de operações de unidade pode ser considerado como um processo de produção mais ambientalmente consciente, empregando práticas e técnicas atualmente disponíveis. Este Blueprint pode ser um ativo valioso para as empresas individuais que querem expandir e / ou renovar suas instalações de produção. Pode ser considerado como o alvo ambiental que as plantas devem tentar implementar passo a passo. Cada planta pode derivar seu próprio programa de Ecologia Industrial a partir deste projeto geral e pode implementar a melhor seleção viável de oportunidades de melhoria incluídas no Blueprint.	Ferramentas de Melhoria	Processo/Cadeia de valor	Planejamento	Identificação de opções de Produção mais Limpa	Van Berkel (1997a); Van Berkel (1997b); Van Berkel (2002); Cagno, Trucco e Tardini (2005)
TF70	Quickscan	Visa identificar os gargalos ambientais mais óbvios e oportunidades de melhoria para as operações ou produtos de uma empresa. Isso, por sua vez, deve convencer a gerência e o pessoal da empresa da importância e do potencial para o desenvolvimento de produtos ou melhorias de processos ambientalmente orientados.	Ferramentas de Gestão	Processo/Produto/Cadeia de valor	Planejamento	Avaliação de dados	Van Berkel (1997b); Cagno, Trucco e Tardini (2005)

TF71	Análise Hierarquica de Processo Fuzzy (AHP)	Técnica utilizada para resolução de problemas que demandam decisões multicritérios por meio do estabelecimento de prioridades.	Ferramentas de Gestão	Processo/Produto/Cadeia de Valor	Planejamento	Avaliação de dados/Identificação de opções de Produção mais Limpa	Jia et al. (2014)
TF72	ELECTRE-II	O ELECTRE-II é uma técnica para avaliação das melhores técnicas disponíveis (BATs) para Produção mais Limpa	Ferramentas de Melhoria	Processo	Planejamento	Identificação de opções de Produção mais Limpa	Wen et. al (2016)
TF73	Realizar processo de rotulagem ambiental nos produtos fabricados	Indica os atributos ambientais de um produto ou serviço em três tipologias: (i) selos ambientais criados por entidades independentes para produtos; (ii) declarações ambientais; e (iii) rótulos criados por entidades independentes que passam por concessão e licença de uso. A rotulagem ambiental em muitos países é uma condição necessária para exportar e importar produtos.	N.A	Processo/Produto/Cadeia de valor	Fazer	Implantação das mudanças	Reino Unido (1993); ISO (1998); Sønderskov & Daugbjerg (2011); Oliveira et al. (2015); Oliveira et al. (2015b)
TF74	Realizar gestão de projetos de Produção mais Limpa baseada em dados pela metodologia Seis Sigma		N.A	Processo/Produto/Cadeia de valor	Fazer	Implantação das mudanças	Calia e Guerrini (2006)
TF75	Seis Sigma	O Seis Sigma (ou Six Sigma, em inglês) é uma ferramenta internacionalmente reconhecida e amplamente utilizada para identificar e implementar melhorias nos processos internos de uma empresa, garantir custos de operação menores e, conseqüentemente, aumentar os lucros.	Ferramentas de Melhoria	Processo	Planejamento	Identificação de opções de Produção mais Limpa	Calia e Guerrini (2006); Calia et al. (2009); Vieira e Amaral (2016)

TF76	Sistema de gestão ambiental (ISO 14001)	Estabelecer e manter um plano de gestão sistemático designado para identificar e reduzir continuamente os impactos ambientais resultantes das atividades, produtos e serviços da organização	Ferramentas de Gestão	Processo	Planejamento	Coleta de dados/Avaliação de dados/Identificação de opções de Produção mais Limpa	Van Berkel (2002); Campos (2012); Testa et al. (2014); Oliveira et al. (2015a); Oliveira et al. (2015b)
TF77	Eco-Management Audit System (EMAS)	O SGA envolve os processos e as atividades de uma organização para melhorias ambientais, com o apoio da norma ISO 14001 ou em conjunto com a EMAS, sendo a parte do sistema focado na melhoria do desempenho ambiental, na transparência e na busca da credibilidade das práticas ambientais.	Ferramentas de Gestão	Processo	Planejamento	Coleta de dados/Avaliação de dados/Identificação de opções de Produção mais Limpa	Campos (2012); Testa et al. (2014); Oliveira et al. (2015a); Oliveira et al. (2015b)

TF78	Sistema de gestão de Produção mais Limpa	<p>É um sistema de gestão baseado em um sistema de informação (Ferramenta Monitoring and Targeting (M&T)) para monitoramento da eficiência no uso de fluxos de energia e materiais que apresentem potenciais significativos de melhoria de eficiência. A adoção desse sistema torna possível:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Monitorar a eficiência real da utilização de fluxos de materiais e energia de acordo com os centros de custo significativos; - Criar uma linha de base para melhorias; - Estabelecer metas realistas para determinados centros de custo, departamentos e para toda a empresa; - Fazer com que pessoas de influencia responsáveis pela melhoria da eficiência; - Identificar variações do desempenho do processo padrão para identificar causas de melhorias ou piora desempenho e ambos podem conduzir à identificação de medidas de Produção mais Limpa significativas - Estimular a geração tradicional de opções e implementação de Produção mais Limpa - Monitorar o desempenho das medidas de Produção mais Lima implementadas, - Verificar objetivamente as reduções reais alcançadas (em relação linha de base) 	Ferramentas de Gestão	Processo	Planejamento	Coleta de dados/Avaliação de dados/Identificação de opções de Produção mais Limpa	Dobes (2013)
TF79	Avaliação de Impacto ambiental para tecnologias de produção mais limpa	O técnica pode ser empregada para avaliar ambientalmente os processos e produtos tecnológicos implementados, modernizados ou modificados, bem como realizar análises comparativas de tecnologias alternativas	Ferramentas de Gestão	Processo	Planejamento	Avaliação de dados	Fijal (2007)

Apêndice D – Questionário para Avaliação do Estágio de Maturidade em Produção mais Limpa

O Apêndice D apresenta a versão final do questionário para avaliação do estágio de maturidade em Produção mais Limpa

Questionário para Avaliação do Estágio de Maturidade em Produção mais Limpa

Introdução

- Este questionário tem o objetivo de guiar a empresa na avaliação de seu nível de maturidade em Produção mais limpa.
- O checklist está subdividido em 3 tópicos:
 - 1-Estágios de Maturidade de Produção mais Limpa: Quadro que indica o requisito para classificação da empresa nos estágios de maturidade
 - 2-Níveis de Capacidade das Práticas de Gestão de Produção mais Limpa: Quadro que define os níveis de capacidade para classificação das práticas
 - 3-Questionário de avaliação: Questionário para avaliação do nível de capacidade das práticas de gestão e enquadramento da empresa no estágio de maturidade

1. Estágios de Maturidade de Produção mais Limpa

		Níveis de Maturidade				
		E1	E2	E3	E4	E5
Práticas de Gestão	PE1	Nível de Capacidade 3	Nível de Capacidade 4	Nível de Capacidade 5	Nível de Capacidade 5	Nível de Capacidade 5
	PE2	-	Nível de Capacidade 3	Nível de Capacidade 4	Nível de Capacidade 5	Nível de Capacidade 5
	PE3	-	-	Nível de Capacidade 3	Nível de Capacidade 4	Nível de Capacidade 5
	PE4	-	-	-	Nível de Capacidade 3	Nível de Capacidade 5
	PE5	-	-	-	-	Nível de Capacidade 5

2. Níveis de Capacidade das Práticas de Gestão

	Descrição
Nível 0 - Não Aplicável	A prática não é aplicável ao contexto da empresa.
Nível 1 - Inexistente ou Incompleto	A prática de gestão de P+L não é aplicada ou é aplicada de forma incompleta pela empresa
Nível 2 - Ad hoc	A prática de gestão de P+L aplicada na forma ad hoc (com objetivo de resolver um problema de forma pontual mas não de maneira formalizada ou sistemática)
Nível 3 - Formalizado	A aplicação da prática de gestão de P+L é formalizada e documentada. A estrutura para suportar o processo é estabelecida. O processo é planejado e implantado de acordo com a política da empresa. Responsabilidades e recursos são definidos e alocados para produzir os resultados desejáveis.
Nível 4 - Controlado	A aplicação da prática de gestão de P+L é formalizada e controlada, com medição e monitoramento do desempenho de sua aplicação. O processo é utilizado como referência para conduzir todos os projetos na empresa.
Nível 5 - Otimizado	A avaliação de desempenho da aplicação da prática de gestão é avaliada e as informações são utilizadas para gerenciar a melhoria contínua do processo.

3. Questionário de Avaliação

Instruções gerais para aplicação do checklist

- As perguntas do checklist referem-se a aplicação das práticas descritas em cada um dos cinco estágios de maturidade em Produção mais Limpa.
- É necessário classificar o nível de capacidade da prática a qual a pergunta se refere no campo "Nível de Capacidade" e justificar a classificação no campo "Justificativas".
- Caso a questão (prática de gestão) não seja aplicável ao contexto da empresa, é necessário inserir o valor 0 no campo "Nível de Capacidade" e justificar o motivo da questão não ser aplicável no campo "Justificativas".
- A empresa atingirá determinado estágio se todas as práticas de gestão estiverem classificadas no nível de capacidade estabelecido para aquele estágio conforme a Tabela 1 - Estágios de Maturidade.

	Nível de Capacidade	Justificativas
Estágio 1		
1.1) Existe um processo estruturado na empresa para estabelecer e monitorar o cumprimento de requisitos legais e padrões internos referentes a meio ambiente?		
1.2) Existe um processo estruturado na empresa para identificar e avaliar tendências e diretrizes internas de negócio que possam influenciar a adoção da P+L?		
1.3) Existe um processo estruturado na empresa para identificar e avaliar tendências, requisitos e prioridades das partes interessadas (clientes, fornecedores, comunidade, órgãos reguladores entre outros) relacionadas a questões ambientais.		
1.4) Existe um processo estruturado na empresa para realizar benckmarking interno (dentro da companhia) para avaliar as potencialidades de aplicação interna de P+L?		
1.5) Existe um processo estruturado na empresa para realizar benckmarking externo (empresas do setor ou de outros setores) para o que outras empresas estão fazendo e como estão aplicando P+L?		
1.6) Existe um processo estruturado na empresa para obter, reter e documentar conhecimento em Produção mais Limpa? Qual nível de conhecimento de P+L na empresa?		

	Nível de Capacidade	Justificativas
Estágio 2		
2.1) Existe um processo sistemático para identificar as áreas empresa para aplicação aplicação de prática/iniciativa de Produção mais Limpa?		
2.2) Existe um processo sistemático para selecionar, customizar e implantar práticas operacionais, técnicas e ferramentas de Produção mais Limpa de acordo com as suas necessidades?		
2.3) Existe um processo sistemático para realizar projetos piloto de P+L para para melhoria continua da eficiência ambiental?		
2.4) Existe um processo sistemático para comprovar os benefícios atingidos pela implantação de práticas/projetos de P+L por meio de dados e resultados?		
2.5) Existe um processo sistemático para divulgar resultados e benefícios obtidos com a implantação dos projetos piloto de P+L internamente na empresa para todos os funcionários?		

	Nível de Capacidade	Justificativas
Estágio 3		
3.1) Existe um processo sistemático para obter comprometimento da alta liderança para o programa de Produção mais Limpa?		
3.2) Existe uma política ambiental elaborada para a companhia considerando os princípios da Produção mais Limpa?		
3.3) Existe um processo sistemático para criação de uma organização interna suportada por estrutura formal de gestão para implantação e manutenção de programa de Produção mais Limpa?		
3.4) Existe um processos sistemático para definir um plano estratégico para Produção mais Limpa?		
3.5) Existe um processo sistemático para implantar um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) considerando os princípios e estratégias de P+L ou integrá-los no sistema de gestão ambiental já existente?		
3.6) Existe um processo sistemático para definir e monitorar objetivos indicadores e metas de implantação e de desempenho de Produção mais Limpa?		
3.7) Existe um processo sistemático para garantir comprometimento, suporte e recursos financeiros e humanos para condução das atividades de Produção mais Limpa?		
3.8) Existe um processo sistemático para criar equipes internas multidisciplinares de Produção mais Limpa?		

3.9) Existe um processo sistemático para definir papéis e responsabilidades referentes ao programa de Produção mais Limpa?		
3.10) Existe um processo sistemático para comunicar e engajar todos os funcionários sobre o motivo de implantação de P+L, os benefícios gerados, objetivos, metas, papéis e responsabilidades?		
3.11) Existe um processo sistemático para realizar mapeamento de fluxo de processo e balanço de materiais e energia?		
3.12) Existe um processo sistemático para realizar avaliação de produção mais limpa para identificar oportunidades de melhoria de eficiência ambiental?		
3.13) Existe um processo sistemático para estabelecer ou integrar procedimentos operacionais padronizados para implantação de Produção mais Limpa?		
3.14) Existe um processo sistemático para considerar as questões ambientais no processos de planejamento e controle da produção?		
3.15) Existe um processo sistemático para estabelecer programas de controle da qualidade das matérias-primas e aquisição de matérias primas menos poluentes?		
3.16) Existe um processo sistemático para estabelecer programa de gestão integrada de resíduos?		
3.17) Existe um processo sistemático para implantar e monitorar o desempenho de oportunidades de Produção mais Limpa selecionadas?		
3.18) Existe um processo sistemático para realizar auditoria ambiental interna com objetivo de avaliar o nível de implantação dos requisitos ambientais regulatórios e internos e das oportunidade de Produção mais Limpa mapeadas?		

	Nível de Capacidade	Justificativas
Estágio 4		
4.1) Existe um processo sistemático para realizar projeto/iniciativas para tornar o processo produtivo ecoeficiente considerando modificações tecnológicas?		
4.2) Existe um processo sistemático para realizar projeto/iniciativas para tornar os produtos ecoeficientes visando o uso de materiais ecológicos, remanufatura, reúso e reciclagem?		
4.3) Existe um processo sistemático para estabelecer metas para redução de danos ambientais de produtos durante todo o seu ciclo de vida?		
4.4) Existe um processo sistemático para Promover/Buscar Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) para implantar soluções relacionadas à opções de Produção mais Limpa?		
4.5) Existe um processo sistemático para desenvolver programas sistemáticos de capacitação ambiental com o objetivo de proporcionar as competências necessárias e conscientização ambiental para o Programa de Produção mais Limpa?		
4.6) Existe um processo sistemático para garantir a comunicação entre departamentos em todos os níveis referente a Produção mais Limpa?		
4.7) Existe um processo sistemático para inserir o desempenho ambiental (Produção mais Limpa) no processo de análise de desempenho/reconhecimento de colaboradores?		
4.8) Existe um processo sistemático para criar mecanismos internos para incentivar investimentos internos em projetos de Produção mais Limpa?		
4.9) Existe um processo sistemático para desenvolver incentivos para engajar os funcionários na adoção de práticas ambientalmente corretas?		
4.10) Existe um processo sistemático para implantar programas de recompensa que busquem reforçar ou inibir comportamentos durante os processos de programas de Produção Mais Limpa?		

	Nível de Capacidade	Justificativas
Estágio 5		
5.1) Existe um processo sistemático para integrar a P+L nos valores e visão da empresa?		
5.2) Existe um processo sistemático para integrar P+L nos processos de tomada de decisão diário?		
5.3) Existe um processo sistemático para estabelecer parcerias com fornecedores/clientes/universidades para melhoria do desempenho ambiental da cadeia de valor?		
5.4) Existe um processo sistemático para desenvolver e aplicar estratégia de produção industrial e relações interempresas para formação de clusters de indústrias que trabalham em ecorrede em ciclo fechado, visando reduzir o impacto ambiental (Ecologia Industrial)?		
5.5) Existe um processo sistemático para realizar engajamento das partes interessadas com relação a questões ambientais?		
5.6) Existe um processo sistemático para comunicar externamente para as partes interessadas (clientes, fornecedores, comunidade, entre outros) os resultados atingidos pelo Programa de Produção mais Limpa (Relatório Anual, Relatório de Sustentabilidade, Site Externo, Mídia, Visitas, etc.)?		

5.7) Existe um processo sistemático para engajar a cadeia de suprimentos para em produção mais limpa: orientar, fornecedores, clientes e construir iniciativas para que implantem P+L?		
5.8) Existe um processo sistemático para estabelecer parcerias com fornecedores/clientes/universidades para melhoria do desempenho ambiental da cadeia de valor?		
5.9) Existe um processo sistemático para estabelecer uma política de compras que considere requisitos de Produção mais Limpa?		
5.10) Existe um processo sistemático para considerar requisitos ambientais durante a seleção de fornecedores?		
5.11) Existe um processo sistemático para monitorar o cumprimento de requisitos ambientais de fornecedores?		
5.12) Existe um processo sistemático para realizar auditoria ambiental em fornecedores?		
5.13) Existe um processo sistemático para considerar questões ambientais no desenho das redes de logística (internas e externas)?		
5.14) Existe um processo sistemático para estabelecer Logística Reversa de pós-consumo e pós venda para reuso, remanufatura e reciclagem?		