RONALDO MANZAN

BUSCA DA P+L POR MEIO DA PRODUÇÃO ENXUTA:
ESTUDO DE CASOS MÚLTIPLOS EM INDÚSTRIAS DE FUNDIÇÃO

São Paulo

2013

RONALDO MANZAN

BUSCA DA P+L POR MEIO DA PRODUÇÃO ENXUTA:
ESTUDO DE CASOS MÚLTIPLOS EM INDÚSTRIAS DE FUNDIÇÃO

Dissertação apresentada a Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Mestre em Ciências

São Paulo

2013

RONALDO MANZAN

BUSCA DA P+L POR MEIO DA PRODUÇÃO ENXUTA:
ESTUDO DE CASOS MÚLTIPLOS EM INDÚSTRIAS DE FUNDIÇÃO

Dissertação apresentada a Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Mestre em Ciências

Área de concentração:
Engenharia de Produção

Orientador:
Prof. Dr. Dario Ikuo Miyake

São Paulo

2013

Este exemplar foi revisado e corrigido em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, de novembro de 2013.

Assinatura do autor_____

Assinatura do orientador_____

FICHA CATALOGRÁFICA

Manzan, Ronaldo

**Busca da P+L por meio da produção enxuta : estudo de casos múltiplos em indústrias de fundição / R. Manzan. -- versão corr. -- São Paulo, 2013.
179 p.**

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

**1. Manufatura enxuta 2. Sustentabilidade 3. Estudo de caso
4. Fundição I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica.
Departamento de Engenharia de Produção II. t.**

AGRADECIMENTOS

À minha linda mulher, Priscila, companheira de sempre, que apoia e me inspira. O meu eterno amor para você.

Ao meu orientador, Professor Dario, que com paciência e sabedoria conduziu-me por esse caminho novo, desconhecido e desafiador. Seu entusiasmo e dedicação serão sempre um exemplo para mim.

A todos os gestores das empresas que visitei, pela paciência e pela disposição de colaboração. Uma ajuda valiosa que espero poder retribuir de alguma forma, algum dia.

Aos meus pais, que me deram o presente mais valioso: a oportunidade de estudar.

*“Na natureza nada se cria,
nada se perde,
tudo se transforma”
(Antoine L. de Lavoisier)*

**... mas será uma opção nossa
continuar transformando tudo em lixo!**

RESUMO

Essa dissertação pretende identificar uma forma de fazer com que as indústrias incorporem objetivos de preservação ambiental aos seus sistemas de produção de forma mais fácil, rápida e sem perda da competitividade, para contribuírem mais significativamente com o esforço mundial pela sustentabilidade do planeta. Para isso, o trabalho se propõe a alcançar dois objetivos. O primeiro é organizar o conhecimento disponível até agora em torno dos modelos de produção com preocupação ambiental e fazer uma comparação entre eles, de modo a auxiliar o gestor interessado em adotá-los a fazer sua opção. O segundo objetivo é pesquisar a viabilidade da utilização de ferramentas de gerenciamento de produção simples e disponíveis a qualquer empresa, para obter uma melhoria de rendimento também no aspecto ambiental, além da melhoria da produtividade e da qualidade. A pesquisa foi feita com empresas do setor de fundição no Estado de São Paulo, por ser este um setor de grande importância na economia e apresentar um alto potencial de degradação ambiental. O método escolhido foi o estudo de casos múltiplos, com levantamento de dados em 10 empresas. Através de entrevista pessoal, foram avaliados quesitos referentes à aderência das empresas ao modelo da Produção Enxuta e ao modelo da Produção mais Limpa. O modelo da PE foi escolhido como objeto de estudo por ser um modelo muito difundido e suas práticas serem bem conhecidas. Além disso, baseia-se na redução de desperdícios, que tem uma identificação grande com a racionalização de recursos do modelo da P+L. Este modelo, por sua vez, foi selecionado a partir do resultado das comparações efetuadas na busca do objetivo 1. Por ser um modelo ligado mais diretamente aos processos de transformação, este modelo mostra-se mais adequado para ser adotado nos processos de produção. Os dados coletados serviram para responder a três questões de pesquisa, através da análise da correlação entre o grau de aderência aos dois modelos. Além dessa relação, foram estudadas a influência da certificação do sistema de gerenciamento ambiental e a necessidade de medidas complementares à PE para melhorar o rendimento ambiental. A conclusão da pesquisa mostrou que é possível alcançar metas de desempenho ambiental com a utilização de práticas de PE. Além de não implicar em

aumento de custos, por não se tornar uma atividade extra, a empresa ainda se beneficia com o aumento da produtividade e da redução de desperdícios.

Palavras-chave: Produção Enxuta. Produção mais Limpa. Sustentabilidade. Fundição. Estudo de casos múltiplos.

ABSTRACT

This thesis aims to identify a way to make the industries incorporate goals of environmental preservation to their production systems more easily, quickly and without loss of competitiveness, and then to contribute more significantly to the global effort for sustainability of the planet. For this, this paper aims to achieve two goals. The first is to organize the available knowledge about the production models with environmental concerns and make a comparison between them, to assist managers of manufacturing firms interested in adopting them to make his choice. The second objective is to investigate the feasibility of using simple management tools production, available to any company, to get increased revenue, also to the environmental aspects, as well as improving productivity and quality. The research was conducted with companies in the foundry sector in the State of São Paulo, because it is a very important sector to the economy and has a high potential for environmental degradation. The method chosen was multiple case study with data collection in 10 companies. Through personal interview, questions were evaluated regarding adherence to the model of Lean Manufacturing and to the model of Cleaner Production. The LM model was chosen as the object of study to be a widespread model and its practices well known. Furthermore, it is based on the reduction of waste, which has a large identification with the resource rationalization aspects of the model of P + L. This model, in turn, was selected from the results of the comparisons made in the pursuit of the goal number one. Being a model more directly linked to the transformation processes, this model seems to be more suitable to be adopted in production processes. The data collected served to answer three research questions by analyzing the correlation of the adherence level to the two models. Besides this relationship, it has been studied the influence of the certification of environmental management systems and the need for additional actions to the LM to improve environmental performance. The conclusion of this study showed that it is possible to achieve environmental performance goals by the use of LM practices. Besides not resulting in increased costs, because it will not become an extra activity, the company will still have benefits from increased productivity and reduction of waste.

Key-words: Lean Manufacturing. Cleaner Production. Sustainability. Foundry. Multiple Case Study.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Pegada Ecológica média mundial	23
Figura 2: Certificações ISO 9001 e ISO 14001 no mundo, de 1993 a 2011	26
Figura 3: Estrutura do Trabalho	41
Figura 4: Atribuição de notas em função do grau de implantação da abrangência da implantação do requisito	47
Figura 5: Certificações nas Fundições do Brasil	49
Figura 6: Localização das fundições pesquisadas no Estado de São Paulo	50
Figura 7: Distribuição dos artigos acadêmicos encontrados nos periódicos indexados na base de dados <i>Web of Knowledge</i> (em NOV/2011), relacionados com o tópico “ <i>End of Pipe</i> ”, agrupados por ano de publicação	57
Figura 8: Modelo de Produção mais Limpa proposto pela UNEP	58
Figura 9: Distribuição dos artigos acadêmicos encontrados na base de dados <i>Web of Knowledge</i> (em NOV/2011), relacionados com o tópico “ <i>Green Manufacturing</i> ”, agrupados por anos de publicação	63
Figura 10: Distribuição dos artigos acadêmicos encontrados na base de dados <i>Web of Knowledge</i> (em MAI/2012), relacionados com o tópico “ <i>Green Production</i> ”, agrupados por ano de publicação.	63
Figura 11: Distribuição dos artigos acadêmicos encontrados na base de dados <i>Web of Knowledge</i> (em NOV/2011), relacionados com o tópico “ <i>Sustainable Production</i> ”, agrupados por ano de publicação	65
Figura 12: Distribuição dos artigos acadêmicos encontrados na base de dados <i>Web of Knowledge</i> (em NOV/2011), com o tópico “ <i>Sustainable Consumption and Production</i> ”, agrupados por ano de sua publicação	67
Figura 13: Evolução da estratégia das empresas nas últimas décadas	68
Figura 14: Estrutura da Excelência Operacional	70

Figura 15: Distribuição dos artigos acadêmicos encontrados na base de dados <i>Web of Knowledge</i> (em NOV/2011), relacionados com o tópico “Regul*” AND “Cleaner <i>Production</i> ”, agrupados por ano de publicação	72
Figura 16: Metodologia PDCA em que foi baseada a Norma ISO 14001...	76
Figura 17: Distribuição dos artigos acadêmicos encontrados na base de dados <i>Web of Knowledge</i> (em NOV/2011), relacionados com os tópicos “ISO 900*” AND “ISO 1400*”, agrupados por ano de publicação	77
Figura 18: Distribuição de artigos acadêmicos encontrados nos periódicos indexados na base de dados <i>Web of Knowledge</i> (em NOV/2011), com o tópico “Lean” AND “Green”, agrupados de acordo com o ano de publicação	85
Figura 19: Modelo da “Casa do STP” e do Pensamento Enxuto	87
Figura 20: O domínio do planejamento de produção e a estrutura dos modelos de produção com preocupação ambiental	94
Figura 21: Distribuição dos quesitos sobre a PE do roteiro de entrevista no modelo referencial da PE	104
Figura 22: Distribuição dos quesitos sobre a P+L do roteiro de entrevista no modelo referencial da P+L	107
Figura 23: Aderência às práticas da PE x aderência aos princípios da P+L	123
Figura 24: Aderência às práticas da PE x aderência aos princípios da P+L: grupos de empresas com certificação ISO 14001 e sem certificação ISO 14001.....	125
Figura 25: Influência da certificação ISO 14001 no grau de aderência das empresas às práticas da PE	126
Figura 26: Influência da certificação ISO 14001 no grau de aderência das empresas aos princípios da P+L	126
Figura 27: Aderência às práticas da PE x aderência aos princípios da P+L: extrapolação dos resultados	128
Figura 28: Avaliações médias das 10 empresas pesquisadas para cada quesito de aderência aos princípios da P+L	129
Figura 29: Avaliações médias das 6 empresas pesquisadas sem certificação pela ISO 14001 para cada quesito de aderência aos princípios da P+L	129
Figura 30: Avaliações médias das 4 empresas pesquisadas com certificação pela ISO 14001 para cada quesito de aderência aos princípios da P+L.	129

Figura 31: Especialização e diversificação nas áreas de serviço em Produção mais Limpa	177
Figura 32: O que é Produção mais Limpa	178

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Metas de Desenvolvimento do Milênio	21
Quadro 2: Problemas globais relacionados ao tema da sustentabilidade	32
Quadro 3: Critérios para atribuição de notas, segundo a norma SAE J4001	46
Quadro 4: Fatos marcantes para a evolução do desenvolvimento industrial sustentável no mundo	53
Quadro 5: Práticas relacionadas à definição de P+L	59
Quadro 6: Requisitos e mudanças de processos relacionados à GM..	62
Quadro 7: Dez princípios da Produção Sustentável do Lowell Center for Sustainable Production	64
Quadro 8: Principais diretrizes do Processo de Marrakech	66
Quadro 9: Exemplos de sistemas de gerenciamento ligados à produção e que fazem parte da busca pela EO	74
Quadro 10: Relação entre PDCA, ISO9000 e princípios <i>lean</i>	75
Quadro 11: Benefícios da integração da PE com um SGA	81
Quadro 12: Descrição dos elementos que compõem o modelo “Casa da Produção Enxuta”	89
Quadro 13: Relação dos quesitos do roteiro de entrevista com as práticas associadas ao modelo da PE	105
Quadro 14: Relação dos quesitos do roteiro de entrevista com os princípios e práticas associadas ao modelo da P+L	106
Quadro 15: Características das empresas pesquisadas	111

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Evolução dos modelos de produção com preocupação ambiental	95
Tabela 2: Conceitos fundamentais dos modelos de produção com preocupação ambiental	97
Tabela 3: Elementos relacionados ao projeto de produtos e de processos de fabricação, propostos pelos modelos de produção com preocupação ambiental	98
Tabela 4: Práticas de gerenciamento e mecanismos de racionalização de produção propostos pelos modelos de produção com preocupação ambiental	99
Tabela 5: Pontuação atribuída às empresas para os quesitos de aderência às práticas da PE do roteiro de entrevista	115
Tabela 6: Pontuação atribuída às empresas para os quesitos de aderência aos princípios da P+L do roteiro de entrevista	120

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

10YFP	Ten Years Framework Process
ABIFA	Associação Brasileira das Indústrias de Fundação
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADF	Areias de Fundação
ACV	Análise do Ciclo de Vida
BSC	Balanced Scorecard
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CMC	Cast Metals Coalition
CNTL	Centro Nacional de Tecnologia mais Limpa
COP	Conference of the Parties
CP	Cleaner Production
DOE	Department of Energy (US)
ECM	Environmental Control Management
EMS	Environmental Management System
EO	Excelência Operacional
EOP	End-of-Pipe Technologies
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
GEE	Gases de Efeito Estufa
GFN	Global Footprint Network
GM	Green Manufacturing
GO	Gerência de Operações
ISO	International Organization for Standardization
JIT	Just in Time
LCA	Life Cycle Analysis
MDG	Millenium Development Goals
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NCPC	National Cleaner Production Centres
OE	Operational Excellence

OECD	Organisation for Economic Co-Operation and Development
OHSAS	Occupational Health and Safety Assessment Services
ONG	Organização Não-Governamental
ONU	Organização das Nações Unidas
P+L	Produção mais Limpa
PCS	Produção e Consumo Sustentáveis
PDCA	Plan-Do-Check-Act
PE	Produção Enxuta
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
POM	Production and Operation Management
PPCS	Programa de Produção e Consumo Sustentáveis
SAE	Society for Automotive Engineers
SEBRAE-SP	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - Seção São Paulo
SENAI-RS	Serviço Nacional da Indústria do Rio Grande do Sul
SGA	Sistema de Gerenciamento Ambiental
SGQ	Sistema de Gerenciamento da Qualidade
SP	Sustainable Production
SPC	Sustainable Production & Consumption
STD	Sustainable Technology Development
STP	Sistema Toyota de Produção
TNSF	The Natural Step Framework
TPM	Total Productive Maintenance
TPS	Toyota Production System
TQM	Total Quality Management
UN	United Nations
UNEP	United Nations Environmental Program
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization
US-EPA	United States Environmental Protection Agency
VSM	Value Stream Mapping

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	20
1.1 AS METAS DE DESENVOLVIMENTO DO MILÊNIO	21
1.2 A MEDIDA DA SUSTENTABILIDADE	23
1.3 O AMBIENTE COMPETITIVO DAS EMPRESAS	25
1.4 A PRODUÇÃO ENXUTA	27
1.5 A PRODUÇÃO MAIS LIMPA (P+L)	29
2 PROBLEMA DE PESQUISA	31
2.1 ESCOPO DO TRABALHO	33
2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO	35
2.3 QUESTÕES DE PESQUISA	36
2.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	40
3 MÉTODO DE PESQUISA	44
3.1 ROTEIRO DE PESQUISA	45
3.2 SELEÇÃO DA AMOSTRA	48
3.3 MÉTODO DE ANÁLISE DOS DADOS	50
4 REFERENCIAL TEÓRICO	52
4.1 MODELOS DE PRODUÇÃO COM PREOCUPAÇÃO AMBIENTAL ...	53
4.1.1 TECNOLOGIAS DE FIM-DE-TUBO (<i>END-OF-PIPE TECHNOLOGIES</i>)	54
4.1.2 PRODUÇÃO MAIS LIMPA (<i>CLEANER PRODUCTION</i>)	58
4.1.3 MANUFATURA VERDE (<i>GREEN MANUFACTURING</i>)	61
4.1.4 PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL (<i>SUSTAINABLE PRODUCTION</i>)	63
4.1.5 PRODUÇÃO E CONSUMO SUSTENTÁVEIS (<i>SUSTAINABLE CONSUMPTION & PRODUCTION</i>)	65
4.2 ESTRATÉGIAS PARA A BUSCA DA EXCELÊNCIA OPERACIONAL	67
4.2.1 EXCELÊNCIA OPERACIONAL ATRAVÉS DO ATENDIMENTO À LEGISLAÇÃO AMBIENTAL	71

4.2.2 EXCELÊNCIA OPERACIONAL ATRAVÉS DE CERTIFICAÇÕES ELETIVAS	73
4.2.2.1 Sistema de Gestão da Qualidade ISO 9001	74
4.2.2.2 Sistema de Gestão Ambiental ISO 14001	75
4.2.3 EXCELÊNCIA OPERACIONAL ATRAVÉS DE MODELOS DE GESTÃO DA QUALIDADE	77
4.2.3.1 <i>Total Quality Management (TQM)</i>	78
4.2.3.2 <i>Six Sigma</i>	78
4.2.4 EXCELÊNCIA OPERACIONAL ATRAVÉS DA PRODUÇÃO ENXUTA	79
4.2.4.1 Pensamento Enxuto (<i>Lean Thinking</i>)	79
4.2.4.2 Tipos de Desperdícios	82
4.2.5 SELEÇÃO DA ESTRATÉGIA PARA EXCELÊNCIA OPERACIONAL	83
4.3 MODELO DE SISTEMA DE PRODUÇÃO ENXUTA OBJETO DE ESTUDO	86
5 ANÁLISE COMPARATIVA DOS MODELOS DE PRODUÇÃO COM PREOCUPAÇÃO AMBIENTAL	94
6 ESTUDO DE CASOS	101
6.1 SELEÇÃO DO MODELO DE PRODUÇÃO COM PREOCUPAÇÃO AMBIENTAL OBJETO DE ESTUDO	101
6.2 PLANEJAMENTO DO ESTUDO DE CASOS	103
6.2.1 QUESITOS PARA O ROTEIRO DE ENTREVISTA ELABORADO COM BASE NO MODELO DA PRODUÇÃO ENXUTA	104
6.2.2 QUESITOS PARA O ROTEIRO DE ENTREVISTA ELABORADO COM BASE NO MODELO DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA	106
6.3 DESCRIÇÃO DOS CASOS	107

7 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS	112
7.1 DISCUSSÃO DOS DADOS COLETADOS	112
7.1.1.DADOS COLETADOS PARA AS PRÁTICAS DA PE	113
7.1.2 DADOS COLETADOS PARA OS PRINCÍPIOS DA P+L	118
7.2 ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE A ADERÊNCIA ÀS PRÁTICAS DA PE E A ADERÊNCIA AOS PRINCÍPIOS DA P+L	123
7.3 ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA CERTIFICAÇÃO ISO 14001	125
7.4 ANÁLISE DA NECESSIDADE DE ABORDAGENS COMPLEMENTARES	127
8 CONCLUSÕES	134
8.1 SOBRE OS OBJETIVOS E AS QUESTÕES DE PESQUISA	134
8.2 LIMITAÇÕES DO TRABALHO	136
8.3 PROPOSTAS DE EXTENSÃO DO TRABALHO	137
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	139
APÊNDICE 1 – Protocolo de Pesquisa	153
APÊNDICE 2 – Roteiro de Entrevista para verificação da aderência às práticas da PE.....	159
APÊNDICE 3 – Roteiro de Entrevista para verificação da aderência aos princípios da P+L.....	169
APÊNDICE 4 – NCPC: Centros Nacionais de Produção mais Limpa	176

1 INTRODUÇÃO

Em 15 de Dezembro de 1972 foi divulgada uma Resolução da Assembleia Geral das Nações Unidas (nº 2997 – XXVII) que criava o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP¹).

Somente 20 anos depois, em 1992 no Congresso da Terra no Rio de Janeiro, este programa foi adotado na Conferência de Cúpula das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, chamado de Agenda 21 (SITARZ, 1993).

Mais cinco anos se passaram para o programa ser definitivamente instalado como um novo órgão das Nações Unidas. Na 52ª Assembleia Geral, realizada em 1997, confirmou-se a sede do UNEP na cidade de Nairóbi – Quênia. Nessa oportunidade foram eleitos os representantes dos países membros e estabeleceram-se mandatos e objetivos desse novo órgão da ONU, confirmando a relevância que o tema da sustentabilidade atingiu em termos mundiais.

Durante a Conferência da Cúpula do Milênio, realizada em 2000 na cidade de Malmö, Suécia, foi destacada uma manifestação do Secretário Geral das Nações Unidas sobre sua preocupação com a velocidade da implantação das medidas propostas: “Os desafios do desenvolvimento sustentável simplesmente esmagam a adequação de nossas respostas. Com algumas honrosas exceções, nossas respostas são poucas, tímidas e tardias”.

Mais de 40 anos depois da primeira Resolução da Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU), muitas das preocupações permanecem praticamente na mesma posição. O presente trabalho procura contribuir para a agilidade na implantação de medidas de proteção ambiental, sugerindo uma forma de intervenção que possa ser mais simplificada e menos custosa para as empresas, especialmente para aquelas do segmento de manufatura.

¹ *United Nations Environment Programme*

1.1 AS METAS DE DESENVOLVIMENTO DO MILÊNIO

Na Assembleia Geral das Nações Unidas de 1967 foi criada a Organização para o Desenvolvimento Industrial das Nações Unidas (UNIDO²). O principal objetivo desta organização é a promoção e aceleração do desenvolvimento industrial nos países em desenvolvimento e países com economias em transição e na promoção da cooperação industrial internacional. A UNIDO acredita que uma indústria competitiva e ambientalmente sustentável tem um papel crucial na aceleração do crescimento econômico, na redução da pobreza e no cumprimento das Metas de Desenvolvimento do Milênio (MDG³).

As MDG foram estabelecidas em uma Resolução da Assembleia Geral das Nações Unidas em Setembro de 2000, em Nova Iorque. Essa declaração era um compromisso dos países em direção a uma nova parceria global para a redução da extrema pobreza e definição de uma série de marcos objetivos e estágios a serem alcançados plenamente até 2015. Os oito pontos dessa declaração são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Metas de Desenvolvimento do Milênio (UNITED NATIONS, 2005)

I. Valores e Princípios;II. Paz, Segurança e Desarmamento;III. Desenvolvimento e Erradicação da Pobreza;IV. Proteção do nosso Meio Ambiente Comum;V. Direito Humanos, Democracia e boa Governança;VI. Proteção ao Vulnerável;VII. Atender às necessidades especiais da África;VIII. Fortalecimento das Nações Unidas.

A partir da definição dos valores fundamentais a serem respeitados, foram estabelecidos os objetivos-chave (pontos II a VIII) a serem perseguidos para

² *United Nations Industrial Development Organization*

³ *Millennium Development Goals*

transformar esses valores fundamentais em ações efetivas. Os valores e princípios fundamentais definidos no ponto I são: a liberdade, a igualdade, a solidariedade, a tolerância, o respeito à natureza e a responsabilidade compartilhada. Coloca-se, então, em destaque, como valor fundamental para todas as nações, o respeito à natureza e a preocupação com a sustentabilidade do planeta.

A contribuição que a Engenharia pode oferecer nesse esforço está diretamente ligada aos pontos III e IV, na medida em que ela pode fornecer condições adequadas de desenvolvimento industrial, respeitando os limites impostos pela preservação do meio ambiente.

1.2 A MEDIDA DA SUSTENTABILIDADE

Apesar dos problemas ambientais terem adquirido grande importância nas discussões mundiais em termos de desenvolvimento humano, existe a percepção de que tem havido pouca evolução para um efetivo trabalho nessa direção, tanto por parte dos governos quanto por parte das empresas. Ainda hoje se discutem as definições do que é “sustentável” e de que forma pode-se mensurar o desenvolvimento sustentável (VEIGA, 2009), de modo a servirem de parâmetros no estabelecimento de metas e limites a serem perseguidos nas ações ambientais.

Uma definição simples, mas bastante importante do que é sustentabilidade é a que foi proposta por Wackernagel et al. (2002), segundo a qual a “sustentabilidade requer que vivamos dentro dos limites da capacidade regenerativa da biosfera”. Com base neste entendimento, estes autores desenvolveram uma forma de avaliação do que foi denominado como a “pegada ecológica da atividade humana no planeta”, ou seja, uma medida da quantidade de recursos naturais consumidos para manter o padrão de vida e de consumo do indivíduo, da família, da empresa, da cidade, do país e do mundo como um todo.

A medida da “pegada ecológica” é expressa em medida de superfície (gha – global hectare) e leva em conta a quantidade (em área) de terra e de água necessária para produzir os alimentos e os produtos consumidos por cada indivíduo, somada à área necessária para que esse indivíduo tenha sua habitação e seu trabalho, para

gerar a energia que consome e para depositar o lixo produz. É uma medida que reflete a quantidade e o padrão de consumo de uma pessoa ou de um grupo de pessoas.

A “biodisponibilidade”, por outro lado, é uma medida da área de terras e águas disponíveis para produzir alimentos, produtos e energia, bem como o espaço necessário para acomodar as pessoas em suas casas e em seu trabalho, além do depósito do lixo produzido. É uma medida de produtividade dos recursos naturais, que pode variar em função do avanço tecnológico da produção de bens e alimentos, das variações climáticas, da degradação ambiental e do aumento da população.

Em 2003, Mathis Wackernagel fundou uma Organização Não-Governamental (ONG) chamada *Global Footprint Network* (GFN) para divulgar estudos relacionados com o conceito de pegada ecológica. Estabelecendo uma relação entre os dados levantados da pegada ecológica e da biodisponibilidade no mundo, a GFN fez uma projeção do impacto humano sobre o planeta para as próximas décadas, o que resultou no gráfico apresentado na Figura 1.

Figura 1: Pegada Ecológica média mundial (GFN, [2011]) adaptada.

Atualmente, a medida de pegada ecológica global é de cerca de 1,5 vezes a biodisponibilidade do planeta e a tendência é de crescimento dos padrões de consumo. Essa “superutilização” da biodisponibilidade é obtida a custa do esgotamento das reservas de recursos naturais em uma velocidade maior que a capacidade que a natureza tem de efetuar a reposição. Esse esgotamento reflete-se na miséria encontrada em muitas regiões do mundo, no aumento das áreas desertificadas e nas mudanças climáticas. É preciso concentrar esforços para não só reverter essa tendência, como também promover uma redução acelerada da pegada ecológica de todos os agentes econômicos, quer sejam pessoas ou empresas.

Conferências mundiais tais como a RIO92 e o Protocolo de Kyoto (1997) e, mais recentemente, as Conferências das Partes (COPs⁴) para Mudanças Climáticas, têm trazido muita informação, mas poucos resultados práticos. Os compromissos de redução têm sido muito tímidos por parte dos países e ainda não se conseguiu a unanimidade para aprovação de acordos globais. Ano a ano as conquistas vão avançando lentamente, enquanto os efeitos das mudanças climáticas evoluem de forma mais intensa.

Considerando que a avaliação da pegada ecológica pode ser útil para orientar as políticas a serem implementadas pelos países e auxiliar na decisão do que pode ser mais eficiente em termos ambientais, ou seja, de qual medida é capaz de causar maior impacto, os estudos de Wackernagel et al. (1999); Pimentel et al. (1999) e Weizsäcker; Lovins e Lovins (1995) conduzem a três formas básicas de atuação, que poderiam ser resumidas da seguinte maneira:

- Fazer as mesmas coisas com menos recursos, utilizando-os de forma mais eficiente, com emprego de tecnologias eco-eficientes tais como lâmpadas inteligentes e bombas térmicas;
- Consumir menos, com medidas de desestímulo ao consumo supérfluo e adoção de medidas restritivas à propriedade de automóveis e produção de produtos descartáveis;
- Aumentar a produtividade por unidade de terra disponível através do desenvolvimento de tecnologias para o aproveitamento de terraços

⁴ *Conferences of Parties*

montanhosos ou planícies áridas, instalação em massa de coletores solares em telhados e desenvolvimento de sistemas agrícolas com menor índice de desperdícios, bem como sistemas produtivos mais eficientes;

Produtividade é a palavra-chave que poderá conduzir as empresas a uma participação mais efetiva nos esforços de preservação ambiental. A mesma produtividade que é buscada no trabalho diário de todos os envolvidos na produção industrial, com o objetivo de aumentar os ganhos de rentabilidade, será também extremamente importante na busca de uma utilização mais racional de recursos naturais e do aumento do rendimento ambiental.

1.3 O AMBIENTE COMPETITIVO DAS EMPRESAS

As empresas estão operando sob uma forte pressão de aumento de competitividade e redução dos custos de operação, devido ao acirramento da concorrência global. Dessa forma, enfrentam dificuldades para organizar e manter equipes para se dedicarem exclusivamente às questões ambientais. Não é possível, nesse ambiente competitivo, que as empresas criem novos centros de custos de produção sem que os mesmos proporcionem aumento de produtividade, uma vez que elas não conseguirão repassar esse custo para o consumidor. Por outro lado, há uma crescente demanda desses mesmos consumidores e da sociedade em geral para que sejam implementadas ações sustentáveis com a máxima urgência.

Bons parâmetros para o controle ambiental nas indústrias estão disponíveis há algum tempo. A normatização de práticas de gestão e produção com foco ambiental, reunida pela ISO 14001 existe desde 1996. Porém, conforme se pode observar na Figura 2, a difusão dos esforços de obtenção da certificação do sistema da qualidade com base na ISO 9001 pelas empresas tem sido mais acelerada que a difusão de esforços em busca da certificação do sistema de gestão ambiental com base na ISO 14001.

Figura 2: Certificações ISO 9001 e ISO 14001 no mundo, de 1993 a 2011

Dados coletados em ISO survey:

<<http://www.iso.org/iso/home/standards/certification/iso-survey.htm>>.

Acesso em: 19 Fev. 2013

Percebe-se, com isso, que a prioridade das empresas continua sendo a qualidade e a produtividade, pois esses são os fatores que tradicionalmente têm sido mais priorizados em ações que visam ao aumento da competitividade por contribuírem na redução de custos e, conseqüentemente, no aumento do faturamento. Se as iniciativas de redução do impacto ambiental estão sendo deixadas em segundo plano é porque ainda não representam um fator importante, para as empresas, em termos de diferenciação no mercado e, principalmente, por não serem percebidas como ações que contribuem para a redução de custos de fabricação e que promovem a conquista de uma maior fatia de mercado.

Além disso, somente a implantação de um sistema de gerenciamento ambiental não faz com que a empresa atinja os objetivos de melhoria de rendimento ambiental. É necessário que algo a mais seja feito, de forma complementar. Muitos estudos apontam que a aderência à ISO 14001 por si só não torna a empresa ambientalmente sustentável (RONDINELLI; VASTAG, 2000; KING; LENOX, 2001; PUVASNASVARAN; KERK; MUHAMAD, 2011; YANG et al., 2011). Algumas empresas acabam encarando a certificação ambiental como simplesmente uma marca, um “selo” que é dado para a empresa ser mais reconhecida no mercado. Isso, contudo não garante a realização do objetivo de melhoria efetiva de seu rendimento ambiental por não necessariamente refletir numa real incorporação da preocupação ambiental em sua cultura.

Os melhores resultados são alcançados efetivamente quando o processo de certificação do sistema de gerenciamento ambiental complementa uma estrutura que incorpore elementos de racionalização na utilização de recursos, de combate ao desperdício e de controle de poluição, para não se tornar apenas mais um elemento de aumento dos custos de fabricação. Essa estratégia combinada de implantação de um Sistema de Gerenciamento Ambiental (SGA ou ECM⁵) concomitantemente com a adoção de práticas de produção mais eficientes resulta em ganhos para as empresas, tanto sob o ponto de vista econômico quanto sob o ponto de vista do rendimento ambiental de suas operações (YANG et al., 2011).

1.4 A PRODUÇÃO ENXUTA

Frente ao cenário traçado na seção anterior, o papel da Gerência de Operações (GO) deveria passar a ser o de obter uma mudança no foco da produção, adicionando a sustentabilidade aos resultados finais a serem almejados. Kleindorfer et al. (2005) apresentaram uma revisão bibliográfica dos artigos publicados em 50 edições (de 1991 a 2004) da revista *Production and Operations Management* (POM) em que identificaram uma preocupação crescente no que tange à integração de diversos aspectos da GO com os objetivos de sustentabilidade. A partir dessas observações, os autores definiram a “gerência de operações sustentável” como aquela que possui: “[...] um conjunto de habilidades que permita à empresa estruturar e gerenciar seus processos de modo a obter retornos de capital competitivos, sem sacrificar os legítimos interesses dos *stakeholders* internos e externos, com as devidas considerações aos impactos de suas operações nas pessoas e no meio ambiente”. Então, da mesma forma que a GO utiliza as ferramentas de administração, *marketing*, economia para melhorar o desempenho dos negócios, pode se valer das ferramentas da engenharia de produção para redefinir processos em função dos objetivos da sustentabilidade, mantendo a produtividade e a lucratividade do negócio.

⁵ *Environmental Control Management*

Na literatura podem ser encontrados muitos estudos sobre os benefícios que certas ações promovidas por um SGA podem trazer ao meio ambiente. Também podem ser encontrados muitos trabalhos sobre diferentes maneiras de estimular as empresas a iniciarem e manterem esses sistemas de gerenciamento atuantes, com ações complementares na gerência de produção (PUVASNASVARAN; KERK; MUHAMAD, 2011).

Além disso, um número muito grande de conceitos e formas de abordagem têm sido propostos com o objetivo de controle da poluição industrial e racionalização da utilização dos recursos naturais; porém, esses métodos têm encontrado pouca disseminação prática. Tal cenário motiva a identificação de alternativas e ferramentas que possam ser mais facilmente assimiladas e implantadas para que as empresas de manufatura possam manter seu desenvolvimento, aumentar sua competitividade e ainda participar desse esforço global de proteção dos recursos naturais que o mercado consumidor atual vem exigindo como atributo, além do preço, da qualidade e da agilidade.

Dentre tais propostas, a do gerenciamento da produção baseada na abordagem do *lean thinking*, também referido como pensamento enxuto, que preconiza a busca sistemática da racionalização da utilização dos recursos de produção tem atraído crescente interesse por parte das empresas industriais (ROTHENBERG; PIL; MAXWELL, 2001; SANCHEZ; PEREZ, 2001; MILLER; PAWLOSKI; STANDRIDGE, 2010; YANG; HONG; MODI, 2011).

Uma das bases do pensamento enxuto é a ênfase na redução de desperdícios em busca da consequente economia de recursos nos processos de produção por meio de práticas da chamada produção enxuta (FLORIDA, 1996; LIKER, 2005; HICKS, 2007; DENNIS, 2008; BERGMILLER; McCRIGHT, 2009c). Esta parece ser uma importante ferramenta na busca de objetivos de sustentabilidade, pois as práticas que promovem a economia na utilização de recursos não apenas possibilitam aumentar a eficiência dos processos de fabricação como também promover o aumento do rendimento ambiental.

Um relatório apresentado em 2003 pela Agência Norte Americana de Proteção Ambiental (US-EPA⁶), baseado em estudo de uma série de casos realizados com a *Boeing Co.*, confirmou a relação existente entre a produção enxuta (PE) e o desempenho ambiental (US-EPA, 2003). Esse estudo mostrou que a implantação de práticas de PE resultou em melhorias significativas em termos de produtividade de recursos, com importantes implicações de melhorias ambientais.

1.5 A PRODUÇÃO MAIS LIMPA (P+L)

O presente trabalho adota as definições de uma unidade da UNIDO denominada Unidade de Produção Sustentável e Mais Limpa (*Cleaner and Sustainable Production Unit*). De acordo com o *website* dessa unidade (UNIDO, 1991a), sua responsabilidade é a “promoção e adoção de sistemas, tecnologias e métodos de P+L e utilização eficiente de recursos pelas empresas e outras organizações nos países em transição e em desenvolvimento”.

Em 1.991 o UNEP definiu Produção mais Limpa (P+L ou CP⁷) como:

- Aplicação contínua de uma estratégia integrada de prevenção ambiental aos processos, produtos e serviços de modo a aumentar a eficiência e reduzir os riscos para os homens e para o meio-ambiente (UNIDO, 1991a).

Dessa forma, procura-se estimular que o desenvolvimento dos países seja mais integrado com a preocupação da preservação do meio ambiente. Não se trata apenas de considerar que uma P+L seja um processo produtivo menos poluidor; ela deverá também ser “mais eficiente”, consumindo o mínimo necessário. A degradação do meio ambiente deve ser vista como uma somatória dos resíduos produzidos em virtude de um consumo excessivo de recursos naturais, ou seja, numa velocidade muito maior do que aquela com que a natureza consegue repor esses recursos.

⁶ *United States Environmental Protection Agency*

⁷ *Cleaner Production*

A P+L, além de aspectos de diminuição da poluição e de economia na utilização dos recursos naturais, quando trata de “riscos ao homem e ao meio ambiente” também se refere ao “lixo” nocivo, tóxico, resultante do processo de produção ou do final da vida útil de um produto. Esse rejeito, além de poluir o meio ambiente, ocupando um espaço de uma área potencialmente produtiva, também ocasiona danos diretos e indiretos ao ser humano por contaminação do ar e das águas ou até pela geração de radioatividade.

Podem ser encontrados na literatura alguns modelos de produção com preocupação ambiental, que serão detalhados na Seção 4.1. A comparação entre esses modelos é apresentada no Capítulo 5, em função dos seus conceitos fundamentais, elementos de projetos de produtos e processos e práticas de gerenciamento e mecanismos de racionalização da produção, que sejam ou não comuns entre eles. A partir dessa análise, o presente trabalho faz a escolha do modelo da P+L em função de ser esse o modelo que, tendo como foco de atuação o sistema de produção, atende de maneira mais abrangente as características mais importantes no âmbito das empresas de manufatura e dentro do escopo do trabalho.

2 PROBLEMA DE PESQUISA

As discussões sobre poluição, mudanças climáticas e sustentabilidade tiveram que ser inseridas no contexto do desenvolvimento industrial dos países. O desenvolvimento e o enriquecimento dos países é a única forma de se alcançar um dos objetivos do milênio, que é a erradicação da miséria e a valorização da dignidade humana.

Esse desenvolvimento industrial, porém, da forma como vinha acontecendo, sempre esteve associado à deterioração do meio-ambiente. O benefício que o desenvolvimento traz para a qualidade de vida das pessoas provoca, simultaneamente, uma série de prejuízos que acabam afetando, de forma inversa, os benefícios conquistados. Como exemplo, podem-se citar os seguintes antagonismos:

- O conforto que o acesso ao automóvel traz ao indivíduo que o utiliza, confronta-se com o aumento das doenças respiratórias em função da poluição do ar, assim como com o aumento da temperatura ambiente em função do efeito estufa e com a perda de tempo no trânsito para toda a comunidade (SCHOR, 1999; GARDNER et al., 2004; MELLO; HOGAN, 2006; ALMEIDA, 2008; WWF, 2012);
- A sensação de bem-estar ao se ter acesso a diversos produtos de consumo que se renovam e evoluem rapidamente, confronta-se com o excesso de lixo eletrônico e sucata de aparelhos eletrodomésticos, e ainda induz os sentimentos de insatisfação e angústia de estar sempre desatualizado em relação aos últimos lançamentos (GARDNER et al., 2004; STIGLITZ; SEN; FITOUSSI, 2009; COSTA; IGNACIO, 2011);
- A evolução tecnológica, que proporciona o acesso livre à informação através da internet a 1,8 bilhão de pessoas, confronta-se com a falta de acesso à água doce, em uma quantidade mínima necessária para a sobrevivência, a 1 bilhão de pessoas no mundo (ALMEIDA, 2008; WWF, 2010);
- O alto padrão de consumo dos países ricos produz o consumo exagerado de alimentos e produtos sugando recursos naturais em

função do poder econômico e, assim, contribui para retirar o mínimo necessário à alimentação e sobrevivência dos mais pobres (JACOBI, 2006; WWF, 2010);

- Até o imprescindível aumento de eficiência na agricultura, pela adoção de novos maquinários e utilização de defensivos agrícolas, confronta-se com o êxodo do homem do campo e a perda da sua cultura, o acúmulo de pessoas concentradas nas cidades, sem nenhuma especialização para o trabalho, além da ingestão de alimentos com produtos químicos cujos efeitos cumulativos ainda não foram totalmente detectados (HOGAN, 1998; GARDNER et al., 2004; ALMEIDA, 2008).

Um resumo dos principais problemas globais que devem ser enfrentados no esforço de conciliação do desenvolvimento econômico e social com a sustentabilidade é apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 – Problemas globais relacionados ao tema da sustentabilidade

- Crescente utilização de recursos naturais, gerando débitos anuais desde meados da década de 1970
- A erradicação da miséria e a valorização da dignidade humana requerem desenvolvimento e aumento no consumo de recursos
- Decisões muito lentas e compromissos muito tímidos dos países em reuniões globais sobre o tema
- Lentidão na assimilação dos princípios da sustentabilidade e do desenvolvimento e implantação de processos produtivos ambientalmente sustentáveis
- Controle ambiental requer investimentos e disponibilidade de tecnologia, o que inviabiliza sua rápida adoção a um grande número de pequenas e médias empresas

O desenvolvimento, porém, depende das atividades de produção e as empresas precisam continuar explorando os recursos naturais e produzindo, de forma competitiva, para sua sobrevivência e crescimento. Contudo, princípios como aqueles que norteiam a proposta do modelo de P+L, que poderiam promover padrões de uso de recursos naturais e de produção mais sustentável, não têm sido assimilados pelas empresas industriais no ritmo que seria necessário. Isso tem motivado o

desenvolvimento de estudos para explorar a relação entre as práticas de manufatura ambientalmente sustentáveis e os resultados competitivos.

Alguns estudos mostram que os *stakeholders* passaram a exigir que as empresas empreendam ações para buscarem uma P+L, de modo a conseguirem uma melhor imagem pública e vantagens competitivas potenciais (RUSINKO, 2007; ZENG et al., 2010). Outros trabalhos ainda identificaram uma influência positiva mais significativa das ações de P+L quando esta abordagem é efetivamente inserida pelas indústrias no gerenciamento de sua produção (GIANNETTI et al., 2008; MACIEL et al., 2009).

Diante deste cenário, o presente trabalho foca o seguinte problema:

Como fazer com que as empresas adotem princípios de produção ambientalmente mais sustentáveis, como os preconizados pela P+L, em seus processos de fabricação, sem receio de que eles possam constituir simplesmente mais um componente de aumento de custos, que não traz ganho de rentabilidade?

A adoção desses princípios, de forma simples e prática e, além disso, permitindo um aumento da competitividade pela maior produtividade, pode ser um caminho para a disseminação mais rápida da sustentabilidade no ambiente industrial.

2.1 ESCOPO DO TRABALHO

Pode-se encontrar na literatura uma grande variedade de conceitos que podem ser utilizados na formulação de programas de desenvolvimento industrial sustentável. Isso é reflexo da tendência global de aumento da preocupação com o esgotamento dos recursos naturais e deterioração das condições ambientais.

Os conceitos (e.g. princípios) e formas de abordagem para controle da poluição industrial e racionalização da utilização dos recursos naturais, que têm sido propostos constituem diversos modelos de sistema de produção industrial com preocupação ambiental que as empresas poderiam adotar e serão apresentados na seção 4.1.

Diante da existência desta variedade de modelos, faz-se necessário uma delimitação de qual dessas formas de abordagem pode ser mais eficaz em termos de facilidade de assimilação e rapidez de implantação por um número significativo de empresas. O presente trabalho pretende identificar alternativas de diretrizes e ferramentas gerenciais que possibilitem às empresas de manufatura manter seu desenvolvimento, aumentar sua competitividade e ainda participar do esforço global de proteção dos recursos naturais que o mercado consumidor atual vem exigindo como requisito, além do preço, da qualidade e da variedade.

Considerando o espectro do ramo industrial, as indústrias de transformação têm grande impacto no que tange ao consumo de recursos naturais e produção de rejeitos e efluentes potencialmente poluentes. Isso é corroborado, por exemplo, pelo fato de que o consumo total de energia elétrica no Brasil é de cerca de 450.000 GWh/ano, sendo que o setor industrial é responsável pelo consumo de 200.000 GWh/ano, ou seja, cerca de 45% do total (BALANÇO, 2011).

Uma parte do setor industrial é formada pelas indústrias de fundição, que transformam matéria-prima e sucata metálica em outros produtos metálicos, utilizando-se de processos térmicos para a conformação através da fusão e solidificação desses materiais. O consumo de energia elétrica desse setor industrial é de 3.000 GWh/ano, o que é equivalente a 1,5 vezes o consumo anual de energia elétrica residencial da região metropolitana de Campinas cuja população é de aproximadamente 12.000.000 de habitantes (SIMÕES; BAJAY, 2010; IMP, 2012).

A quantidade de energia requerida no processo de transformação dessas indústrias é muito grande e provem da utilização da energia elétrica (aquecimento por indução ou resistência) ou da queima de combustíveis (carvão, óleo combustível, diesel, gás natural ou gás de petróleo). O consumo de energia elétrica representa pouco mais da metade (cerca de 55%) da energia consumida por esse setor. A energia gerada pela queima de combustíveis consome recursos naturais da ordem de 330.000 toneladas/ano (SIMÕES; BAJAY, 2010), gerando uma quantidade substancial de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera.

Além disso, os resíduos de moldes, macharia e escória demandam um cuidado especial em sua disposição final, uma vez que carregam consigo uma quantidade grande de resinas e aglomerantes com alto grau de toxicidade, demandando aterros

sanitários especiais ou um pré-processamento antes do descarte. Tais resíduos justificam, dessa maneira, uma atenção maior na busca de resultados globais mais significativos em termos de rendimento ambiental, uma vez que são recursos que foram retirados da natureza e que voltam a ela sob uma forma tóxica, resultando em degradação do meio-ambiente.

A importância de considerarmos as indústrias de fundição reside no fato do Brasil ser o 7º maior produtor de peças fundidas do mundo, com produção de cerca de 3 milhões de toneladas anuais, faturamento da ordem de R\$ 14 bilhões e empregar cerca de 60.000 funcionários. Uma característica importante do segmento formado por tais indústrias é sua grande pulverização, pois é formada por cerca de 1.350 plantas espalhadas por todo o Brasil.

Essa pulverização é importante para atender às demandas locais de produtos fundidos, sem aumento de custos econômicos e financeiros derivados do transporte dos produtos por longas distâncias, o que também é ambientalmente favorável. Por outro lado, a pulverização das indústrias de fundição, enquanto fontes de poluição e degradação ambiental, acaba espalhando esses problemas.

Uma parcela significativa dessas empresas é familiar e de pequeno porte, apresentando uma infraestrutura tecnológica modesta e contando com limitado acesso às inovações e a fontes de financiamento de investimentos. Dessa forma, esse setor enfrenta muitas dificuldades em empreender as mudanças necessárias na direção de uma produção mais sustentável, sem correr o risco de aumentar seus custos e deixar de ser competitivas frente à concorrência global. Assim sendo, o presente trabalho irá restringir o tratamento do problema delineado nesta seção ao contexto das indústrias de fundição estabelecidas no Brasil.

2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Para direcionar o desenvolvimento da presente dissertação, os trabalhos de pesquisa foram conduzidos a partir de dois objetivos principais, quais sejam:

Objetivo 1. Organizar o conhecimento sobre as diversas propostas de modelo de sistema de produção industrial que têm sido discutidas incorporando a preocupação ambiental entre suas metas, de forma a auxiliar a escolha pelo gestor do modelo que melhor se adapta à sua realidade.

Objetivo 2. Selecionar, dentre os modelos de sistema de produção industrial que incorporam a preocupação ambiental identificados na realização do Objetivo 1, um modelo objeto de estudo a ser focado pelo presente trabalho e desenvolver diretrizes para que as empresas que ainda se encontram estagnadas em relação aos objetivos de produção ambientalmente sustentável possam mobilizar-se de forma mais simples e rápida conforme o mesmo.

2.3 QUESTÕES DE PESQUISA

Amato (2011, p.102), quando conceitua a gestão sustentável da cadeia de suprimentos, destaca que a busca dos princípios de uma produção sustentável implica numa mudança radical nos padrões de produção de bens e serviços, mas que, apesar disso, “o sucesso da empresa nesse aspecto poderá ser alcançado com medidas simples, sem maiores esforços, nem custos elevados”.

Dessa maneira, pode-se supor que existem empresas que mesmo não tendo ainda implantado formalmente um SGA, tenham condições de adotar padrões e ferramentas que podem proporcionar efeitos ambientais positivos. Provavelmente, essas empresas já têm uma estrutura em funcionamento que atende os requisitos mínimos necessários para evoluir na direção de uma produção ambientalmente sustentável. Por isso, a implantação de medidas relativamente simples e a realização de pequenos ajustes, que não demandem investimentos de maior significância a ponto de afetar a lucratividade, poderão ajudar a reduzir o impacto ambiental causado por seus processos produtivos.

Os processos de transformação das indústrias constituem uma grande fonte de poluição e de consumo de recursos naturais. Assim sendo, este trabalho se propõe a

focar a relação da conceituação de P+L com o sistema de PE em função deste ser um sistema que tem sido cada vez mais difundido em diversos segmentos industriais e por preconizar melhorias que têm efeito mais direto no fluxo de produção em geral, primando pela notável ênfase que dedica à criação de valor pelo aumento da eficiência e redução de custos que são essenciais ao aumento da competitividade.

A seleção do modelo de produção com preocupação ambiental da P+L foi feita a partir de uma comparação com outros modelos existentes com propósitos similares. Esses modelos serão apresentados no Capítulo 4 e analisados comparativamente no Capítulo 5. Os critérios para a seleção do modelo de produção com preocupação ambiental a ser focado na pesquisa serão detalhados na Seção 6.1. Nesta mesma seção, com base nestes critérios, a seleção do modelo da P+L como objeto de estudo será justificada. Da mesma forma, a seleção do modelo de sistema de produção da PE como objeto de estudo será justificada nas Seções 4.2 e 4.3 do Referencial Teórico. Baseado na necessidade de se estimular as empresas a desenvolverem práticas que possam beneficiar tanto o rendimento operacional quanto o rendimento ambiental, o sistema da PE foi selecionado entre as estratégias apresentadas para se alcançar a Excelência Operacional.

Urge buscar uma maneira mais efetiva e acessível de estabelecer uma estrutura minimamente necessária para se avançar na direção da P+L e a implantação de práticas de PE pode oferecer um caminho para isso. O desenvolvimento das empresas não pode continuar a custa do esgotamento dos recursos naturais disponíveis e seu uso racional tem no modelo da PE uma boa referência prática; afinal, o sistema de PE “baseia-se na identificação e remoção de desperdícios e esse é seu aspecto fundamental” (HICKS, 2007).

Dessa forma, o presente trabalho se propõe a explorar a seguinte questão de pesquisa (Q1):

Q1. Qual a relação entre a aderência às práticas da Produção Enxuta e a aderência aos princípios da Produção mais Limpa?

Ao tratar da Q1, este trabalho pretende contribuir acrescentando mais dados práticos para a construção de uma abordagem de planejamento e gestão da produção

que possibilite tornar mais efetiva a exploração das ferramentas da PE na promoção e assimilação de práticas consonantes aos princípios da P+L.

Além da análise das práticas que constituem o sistema de produção adotado pelas empresas, vale destacar que, conforme será apresentado nas Seções 4.2.2.1 e 4.2.2.2, certos estudos advogam que a existência de um sistema de gerenciamento da qualidade (SGQ) ou de um sistema de gerenciamento ambiental (SGA) certificados atuam de forma positiva para melhorar o rendimento operacional da empresa (PIL; ROTHEMBERG, 2003, JOHNSON; SUE; JOHNSON, 2007, ASIF et al., 2010, SANTOS; MENDES; BARBOSA, 2011, PUVASNARAN; KERK; MUHAMAD, 2011). Esses estudos, porém, destacaram em seus trabalhos que tanto um SGQ quanto um SGA somente trariam resultados para a empresa se atuassem integrados a um sistema de gestão de produção como o preconizado pela PE. Não houve uma investigação específica da influência do SGA e do SGQ na melhoria da PE.

Outros estudos (KING; LENOX, 2001; ROTHEMBERG; PIL; MAXWELL, 2001) investigaram a influência da implantação e consolidação do sistema de PE no aumento do rendimento ambiental da empresa e na facilitação da implantação de um SGA certificado, procurando investigar quais práticas da PE deveriam ser desenvolvidas para melhorar os resultados ambientais.

As certificações ISO 9001 e ISO 14001 são conhecidas como evidências da adequação, respectivamente, do SGQ e do SGA de uma empresa. Porém, como já discutido na seção 1.3, na busca da certificação do SGA, não se observa um nível de empenho semelhante com que as empresas têm buscado a certificação do SGQ (ver Figura 2). O fato de que as empresas têm demonstrado maior interesse pela implantação de um SGQ, suscita o questionamento de como a implantação de um SGA poderia ser mais estimulada. Uma investigação que poderia trazer este estímulo seria explorar a hipótese alternativa à que foi sugerida pela literatura, ou seja, pesquisar o quanto a implantação de um SGA pode promover não somente o aumento do rendimento ambiental, mas também reforçar as práticas de PE e assim influenciar um aumento do rendimento operacional da empresa.

Na medida em que não se considera a busca de certificações eletivas como um fim, mas como um meio de se alcançar maior aderência às práticas da PE e aos princípios da P+L, isso motiva a formulação de uma segunda questão de pesquisa,

para verificar se, de fato, existem benefícios, em termos econômicos e ambientais, que possam justificar a busca pelas empresas da implantação e certificação de um SGA. Desse modo, a segunda questão de pesquisa (Q2) a ser explorada pelo trabalho é enunciada a seguir:

Q2. As competências desenvolvidas na busca da certificação do sistema de gerenciamento ambiental com base nos requisitos estabelecidos pela ISO 14001 influenciam na aderência às práticas da Produção Enxuta e aos princípios da Produção mais Limpa?

Os estudos de autores como Frijns e Vliet (1999), Hilson (2000) e Santos; Mendes e Barbosa (2011) apontaram a necessidade de haver uma diretriz governamental que promova o desenvolvimento industrial sustentável com base em regulamentação específica e em uma política de incentivos econômicos e fiscais para efetivamente estimular as empresas dispostas a participar dessa mudança. Assim estes autores sugerem que certos investimentos não dependem somente do interesse das empresas e requerem mecanismos de indução externos.

Assim sendo, a possibilidade de nem sempre a aplicação de métodos e/ou ferramentas de PE favorecer plenamente a P+L suscita a investigação de abordagens complementares de promoção da produção ambientalmente sustentável. A definição dessas abordagens é importante, pois determinadas decisões, tais como mudanças de equipamento e de matéria-prima, tendem a requerer maior investimento e acesso a tecnologias especiais que dificilmente estão ao alcance de iniciativas individuais, principalmente em se tratando de pequenas e médias empresas.

Diante desse ponto, a pesquisa propõe a consideração de uma terceira questão (Q3) a qual é enunciada a seguir:

Q3. Quais são os requisitos do modelo da Produção mais Limpa que são mais difíceis de serem atendidos pelas indústrias, mesmo com a implementação de métodos e/ou ferramentas de Produção Enxuta e que, portanto, devem demandar abordagens complementares para que possam ser melhor atendidos?

Pela consideração desta questão pretende-se contribuir no delineamento de diretrizes que possam orientar:

- os gestores públicos na formulação de políticas específicas que induzam a busca de sistemas de produção mais limpos⁸, e
- os gestores das empresas na seleção e implementação de ações complementares de P+L de uma forma mais abrangente.

Vale enfatizar que a Q1, Q2 e Q3 são questões de pesquisa mais específicas cuja elucidação poderá contribuir na busca do Objetivo 2.

2.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Após a introdução feita no capítulo 1, o problema de pesquisa que o presente trabalho pretende enfrentar foi apresentado e detalhado no capítulo 2. A Figura 3 apresenta a estrutura completa do trabalho. Na sequência deste capítulo, no capítulo 3 são apresentados os procedimentos metodológicos adotados no desenvolvimento da pesquisa e no capítulo 4 é apresentado o referencial teórico-conceitual que fundamenta o presente trabalho.

⁸ Entende-se que um “sistema de produção mais limpo” é aquele que incorpora os princípios da P+L.

Figura 3: Estrutura do Trabalho

Dentre os objetivos apontados na seção 2.2, o primeiro objetivo foi buscado através do desenvolvimento de um referencial teórico sobre o tema, a ser apresentado na seção 4.1. Além do trabalho de pesquisa bibliográfica que isso requereu, foram elaborados quadros comparativos entre os diversos modelos identificados contendo suas premissas, objetivos e campos de atuação, de modo a propiciar a visualização da abrangência conceitual de cada modelo. Com base nestes quadros apresentados no Capítulo 5, os gestores de uma empresa poderão selecionar o modelo que pode melhor preencher os requisitos estabelecidos pela estratégia da alta direção.

Dentre os modelos contemplados nesses quadros comparativos, o presente trabalho se propôs a identificar aquele que se mostra mais adequado para subsidiar a gerência de produção nas indústrias de transformação. Após a seleção de um dos modelos apresentados, o trabalho passa a considerar as ações necessárias para que tais empresas possam atender aos seus princípios. Na seção 6.1 é apresentada a pesquisa realizada com o propósito acima que resultou na identificação do modelo preconizado pela P+L como aquele que melhor tende a subsidiar a gerência de produção.

Na seção 4.2 são abordadas as estratégias que as empresas utilizam na busca da EXCELÊNCIA OPERACIONAL. Dentre essas estratégias, três delas merecem destaque, neste trabalho: o atendimento à legislação ambiental, para garantirem a continuidade dos negócios; a busca de certificações eletivas, para se diferenciarem no mercado e a adoção de modelos de racionalização de produção, para reduzirem seus custos, aumentarem a lucratividade e continuarem competitivos.

Por ser uma abordagem que, no âmbito dos processos de transformação, tem sido cada vez mais difundida para direcionar os esforços de racionalização, a PE é descrita com maior profundidade na seção 4.3. Nesta seção procura-se enfatizar os atributos da PE que o qualificam a servir como um meio prático para promover maior aderência do sistema de produção aos princípios de P+L, resultando em melhorias de rendimento de produção e ambientais ao mesmo tempo.

A reunião desses dois modelos (PE e P+L) é o objeto de estudo que vai conduzir ao segundo objetivo do trabalho. Este objetivo foi buscado através do desenvolvimento de um estudo de casos múltiplos, o qual foi conduzido para gerar dados e evidência empíricas que possibilitassem responder as questões de pesquisa

Q1, Q2 e Q3, apresentadas na seção 2.3. Estas questões procuram estabelecer a relação existente entre a PE e a P+L e identificar de que forma a integração entre esses dois modelos pode ser promovida, de modo a agilizar a incorporação dos objetivos de produção ambientalmente sustentável na rotina das operações das empresas industriais e, mais especificamente, no segmento das indústrias de fundição.

Finalmente, nos Capítulos 6 e 7 serão feitas as descrições dos casos estudados e a apresentação e análise dos dados coletados em pesquisa junto a essas fundições, apresentando as conclusões do trabalho no Capítulo 8.

3 MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa sobre operações difere-se das pesquisas em outras áreas de gerenciamento por ser endereçada tanto aos aspectos humanos quanto aos aspectos físicos da organização (DREJER; BLACKMON; VOSS, 2000). O estudo de caso é um dos métodos de pesquisa que possibilita endereçar tais aspectos e foi o adotado neste trabalho. Segundo definição de Miguel et al. (2010), o estudo de caso é um “estudo de caráter empírico que investiga um dado fenômeno dentro de um contexto real contemporâneo por meio de análise aprofundada de um ou mais objetos de análise”. Ou ainda na definição de Yin (1994) a pesquisa de estudo de casos pode ser particularmente adequada para o exame das perguntas “como” e “por que” em relação a determinado problema.

Muitos dos conceitos e teorias relacionadas com o gerenciamento de operações foram desenvolvidos a partir de pesquisas de campo (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002). O estudo de casos pode se apoiar na utilização de métodos quantitativos e qualitativos para procurar “entender” determinados fenômenos. De acordo com Meredith (1998), o estudo de caso é mais orientado para os meios e processos, o que auxilia o pesquisador a compreender por que certas características ou efeitos ocorrem (ou não ocorrem). Para o problema de pesquisa proposto no presente trabalho é necessário entender como se pode acelerar a adoção de processos mais limpos pelas empresas, utilizando as ferramentas já existentes.

O estudo de múltiplos casos tende a ser mais superficial no tratamento de cada caso em relação ao estudo de caso único. Porém, enquanto a profundidade deste se mostra adequada para uma análise longitudinal, de uma progressão de efeitos ao longo do tempo, os casos múltiplos têm a propriedade de poderem oferecer resultados com um grau maior de generalização e de validação externa (MIGUEL et al., 2010; MEREDITH, 1998). Assim sendo, o aproveitamento de seus resultados numa eventual extrapolação para todo o setor representado por uma pequena amostra torna-se mais eficaz. Além disso, este método é também útil para testar a extensão de determinadas teorias para situações ou circunstâncias particulares e para incluir fatores novos. Nesta linha, vale observar que este trabalho procura encontrar possíveis extensões à

abordagem de implantação da PE, reforçando-a com o acréscimo de novos objetivos relacionados à sustentabilidade e, mais especificamente, aos princípios da P+L.

Para a coleta de dados foi conduzida uma pesquisa de campo junto a uma amostra constituída por dez empresas do setor de fundição. Os dados levantados servirão para revelar o nível de aderência de cada empresa em relação às práticas de gerenciamento da PE bem como o seu nível de aderência aos princípios de P+L. Dessa maneira com base em tais dados pretende-se explorar a hipótese teórica de que a busca pela racionalização da produção tende a beneficiar o desempenho ambiental formulada por autores como King e Lenox (2001), Rothenberg; Pil e Maxwell (2001), Puvasnaran; Kerk e Muhamad (2011) e Yang; Hong e Modi (2011). A partir da busca dessa compreensão, pode-se também estudar como os modelos da PE e da P+L se inter-relacionam no contexto real das indústrias de fundição e como certas variáveis características de cada empresa individual pode influenciar no grau de aderência aos elementos que compõem estes 2 modelos.

3.1 ROTEIRO DE PESQUISA

Para o levantamento de dados junto às empresas selecionadas para compor a amostra de casos múltiplos, foi elaborado um roteiro de pesquisa para:

- a. obter algumas características fundamentais de cada caso;
- b. coletar dados para avaliar o grau de aderência de cada caso pesquisado às práticas de PE; e
- c. coletar dados para avaliar o grau de aderência de cada caso pesquisado aos princípios de P+L.

Em relação aos dados referidos no item “a” acima, procurou-se caracterizar cada caso em termos de porte da empresa, número de funcionários, ano de início de operações, capacidade de produção anual, tipo de processo de fundição que adota, tipo de material que processa e mercado consumidor dos seus produtos. Adicionalmente, procurou-se verificar se a empresa possuía ou não sistemas de gestão certificados com base nos requisitos das normas ISO 9001 e ISO 14001 com

base na premissa que tais variáveis podem ser tomados como indicadores de suas competências de gestão da qualidade e de gestão ambiental, respectivamente.

O presente trabalho estuda a possibilidade de se utilizar práticas de PE já utilizadas pelas empresas para facilitar a incorporação de princípios de P+L, ou seja, a exploração sempre se iniciará pelo levantamento da aderência às práticas da PE. Em seguida, a pesquisa procurará evidências de aderência aos princípios de P+L.

Para coletar os dados referidos no item “b”, dezenove (19) quesitos referentes à adoção de práticas de PE baseadas nos itens elencados na seção 4.3.3 foram inseridos no roteiro de pesquisa. Os dados foram coletados e avaliados conforme uma escala estabelecida pela Norma SAE J4001 “Manual do usuário para implantação de operação enxuta” (SAE, 1999), que propõe medir o grau de implantação de uma prática ou ferramenta de PE no sistema de fabricação de uma dada unidade industrial em quatro níveis, atribuindo nota 0, 1, 2 ou 3, com base nos critérios apresentados no Quadro 3.

Quadro 3: Critérios para atribuição de notas, segundo a norma SAE J4001

- **Nível 0:** A assertiva não é encontrada no sistema de fabricação da indústria pesquisada. O requisito pesquisado não ocorre ou existem grandes inconsistências na sua utilização.
- **Nível 1:** A assertiva é encontrada no sistema de fabricação da indústria pesquisada. O requisito pesquisado ocorre, mas existem algumas inconsistências na sua utilização.
- **Nível 2:** A assertiva é encontrada no sistema de fabricação da indústria pesquisada. O requisito pesquisado ocorre e sua utilização está plenamente implantada.
- **Nível 3:** A assertiva é encontrada no sistema de fabricação da indústria pesquisada. O requisito pesquisado ocorre plenamente e são encontradas evidências de seu contínuo desenvolvimento.

Pode-se encontrar nas empresas, situações em que um dado quesito ser plenamente atendido ou, por outro lado, não atendido (ou desconsiderado) por uma organização como um todo. Contudo, também podem ocorrer situações intermediárias em que o quesito é parcialmente atendido numa pequena parte da organização ou numa grande parte da organização. Assim sendo, para fins de atribuição das notas 0, 1, 2 ou 3 para caracterizar como cada quesito se encontra em cada caso, foram consideradas tanto a qualidade (ou consistência) com que o quesito pesquisado é

aplicado pela empresa como a abrangência de implantação do mesmo nos vários setores da fábrica, tal como ilustra a Figura 4.

		Qualidade ou consistência com que o quesito é observado ou aplicado			
		Ausente/ Não aplicado	Presente/ Aplicado mas de forma incipiente ou com inconsistências	Presente/ Aplicado de forma plena e consistente	Presente/ Aplicado com contínuo aprimoramento
Abrangência de implantação	em toda a fábrica	0	1	2	3
	em grande parte da fábrica	0	1	2	3
	em pequena parte da fábrica	0	0	1	2
	em nenhuma parte da fábrica	0	0	0	0

Figura 4: Atribuição de notas em função do grau de implantação da abrangência da implantação do requisito

Para coletar os dados referidos no item “c”, 14 quesitos referentes à aderência da empresa aos princípios de P+L baseadas nos elementos apresentados na seção 4.1.2 foram inseridos no roteiro de pesquisa. As notas para caracterizar o nível com que a empresa de cada caso estudado considera ou aplica tais quesitos de P+L foi adotado um critério análogo ao aplicado para avaliar a aderência às práticas da PE, com base também nas situações previstas pela Figura 4.

O roteiro de pesquisa assim estruturado gerou dois roteiros de entrevista, apresentados nos Apêndice 2 e 3, que coletará os dados segundo o protocolo de pesquisa do Apêndice 1. A coleta de dados referentes a cada caso foi realizada, por meio de entrevistas pessoais realizadas com o(os) responsável(veis) pelas áreas de produção e controle ambiental da empresa em questão. A coleta de dados foi complementada com uma visita à fábrica e/ou consulta a outros representantes da empresa para se confirmar a existência ou não de determinada prática, e conferir se as questões foram adequadamente compreendidas pelo(s) entrevistado(s). Não

houve necessidade de enviar o questionário preenchido para conferência pelo(s) entrevistado(s) porque as respostas foram registradas na hora da entrevista, na presença do entrevistado e, portanto, contaram com sua validação tácita e imediata.

3.2 SELEÇÃO DA AMOSTRA

O presente trabalho foi desenvolvido no contexto da indústria de fundição, um setor de fundamental importância como fornecedor de diversas cadeias produtivas. Trata-se de um setor industrial constantemente desafiado a desenvolver a capacidade de realizar um processo de produção ao mesmo tempo competitivo e sustentável que, no entanto é muito pulverizado e apresenta um potencial poluidor muito grande sendo, portanto bastante visado com relação à degradação do meio ambiente. Dessa forma, qualquer ação, que possa oferecer a empresas deste setor técnicas de fácil assimilação e implementação a baixo custo, poderá resultar em ganhos globais bastante importantes no que diz respeito ao controle ambiental.

Segundo o Anuário Brasileiro das Indústrias de Fundição 2010 (ABIFA, 2010), publicado pela Associação Brasileira de Fundição (ABIFA), o número de associados desta entidade em 2010 era de 553 empresas o que representava cerca de 40% do total de fundições espalhadas pelo Brasil.

A Figura 5 representa os dados apresentados neste Anuário, referentes à situação das empresas com relação ao seu SGQ e ao seu SGA. Conforme se pode observar pelos dados apresentados a seguir, os sistemas de gestão adotados por estas empresas se encontram em diversos estágios de desenvolvimento:

- 288 empresas (52%) não possuem qualquer certificação relevante de seu sistema da qualidade nem de seu SGA;
- 265 empresas (48%) possuem certificação de seu SGQ com base na norma ISO 9001⁹;

⁹ Também foram consideradas como equivalentes, as normas de certificação QS 9000 e ISO/TS 16949

- Dessas 265 empresas, 42 delas (8% do total de 553) possuem também certificação de seu SGA com base na norma ISO 14001.
- Não foram encontradas empresas que possuem certificação pela ISO 14001, mas não possuem certificação relevante de seu sistema da qualidade.

Figura 5: Certificações nas Fundições do Brasil (ABIFA, 2010)

Assim sendo, para fins de desenvolvimento do estudo de casos múltiplos, foram selecionadas 10 empresas para compor a amostra a ser pesquisada, sendo que 9 empresas (90%) que possuem certificação pela ISO 9001, 4 empresas (40%) que são certificadas tanto pela ISO 9001 como pela ISO 14001 e 1 empresa (10%) sem qualquer certificação. A limitação da amostra de empresas sem certificação é justificada pelo fato de que o objetivo do trabalho é levantar a eficácia do uso de ferramentas de PE para auxiliar o objetivo de tornar a operação mais sustentável ambientalmente. Uma empresa que não tenha se organizado a ponto de obter uma certificação do seu sistema de qualidade encontra-se, provavelmente, muito aquém dos requisitos mínimos de organização e controle de processos exigidos pela PE (KING; LENOX, 2001 e CHIARINI, 2011). Dessa forma, empresas sem certificação de qualidade teriam a tendência de apresentar resultados inexpressivos de aderência às práticas de PE. Dessa forma, o presente trabalho concentra-se na população de empresas com certificação do SGQ e mantém apenas uma empresa sem certificação para servir como referência dessa situação.

Além disso, o fato de ter implantado formalmente um sistema de produção baseado na PE de forma sistêmica não foi requisito para a escolha das empresas da amostra, pois a pesquisa visa avaliar os efeitos da implantação das práticas

elementares que constituem esse modelo e não necessariamente da adoção desse modelo em sua totalidade.

Dada à impossibilidade de pesquisar empresas de fundição que operam em localidades espalhadas por todo o território do Brasil, a amostra é constituída de empresas com fábrica(s) instaladas no Estado de São Paulo, localizadas de acordo com a Figura 6. Contudo vale notar que cerca de 45% das indústrias de fundição brasileiras estão instaladas neste Estado (ABIFA, 2010), o que torna os casos selecionados, relevantes para se traçar um panorama do setor de fundição ao menos no âmbito regional deste estado.

Figura 6: Localização das fundições pesquisadas no Estado de São Paulo

3.3 MÉTODO DE ANÁLISE DOS DADOS

As avaliações de cada um dos quesitos propostos com relação aos modelos objetos de estudo (PE e P+L) permitirão a análise das relações existentes entre os modelos de PE e P+L no âmbito das indústrias de fundição.

Com base nas notas 0, 1, 2 ou 3 atribuídas a cada quesito de PE e de P+L no estudo de cada caso será possível obter para a empresa em questão o valor da porcentagem da nota máxima total referente à aderência às 19 práticas do modelo de

PE bem como o valor da porcentagem máxima da nota total referente à aderência aos 14 quesitos sobre os princípios da P+L. Esses valores, então, representarão a avaliação do grau de aderência (numa escala de 0 a 100%) de cada empresa às práticas da PE e aos princípios da P+L.

Um gráfico de duas dimensões, construído a partir desses valores, servirá para responder à questão de pesquisa Q1. O gráfico será constituído por dois eixos ortogonais onde o eixo horizontal representará a aderência às práticas da PE e o eixo vertical representará a aderência aos princípios da P+L. Dessa forma será possível fazer uma análise gráfica da forma de correlação entre as duas variáveis.

Agrupando-se as empresas pesquisadas em três grupos distintos, estratificados com base nos dados das certificações de cada uma, será possível fazer a análise da influência das certificações nas notas médias de cada quesito individualmente. Também com base nessas notas 0, 1, 2 ou 3 atribuídas a cada quesito de PE e de P+L no estudo de cada caso, será possível obter, através de uma média aritmética simples, a nota média de cada grupo considerado para aquele quesito. A análise das avaliações desses quesitos fornecerá elementos para que sejam respondidas as questões de pesquisa Q2 e Q3.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico está dividido em três Seções. A primeira seção (4.1) é dedicada a apresentar alguns dos diversos conceitos de modelos de produção com preocupação ambiental que surgiram desde o início das discussões do tema da sustentabilidade pelas Nações Unidas. Essas descrições serão retomadas no Capítulo 5 e organizadas na forma de quadros comparativos entre os modelos de forma a orientar a opção de um gestor de operações por aquele modelo que melhor se adapte às condições e às estratégias de cada empresa.

A segunda seção (4.2) traz à discussão as diversas estratégias que as empresas procuram adotar na busca de alcançar um nível de excelência operacional que faça com que elas sejam diferenciadas no mercado e, com isso, consigam crescer e aumentar sua rentabilidade. O crescimento e a sobrevivência em um mercado competitivo são as principais preocupações de uma empresa. Para alcançar a excelência operacional, as empresas têm que atender a uma série de expectativas do mercado consumidor: a eficiência com baixo custo, a qualidade, a flexibilidade, a inovação e, mais recentemente, a sustentabilidade.

Por fim, a terceira seção (4.3) é dedicada a um maior detalhamento da estratégia de excelência operacional que foi selecionada como objeto de estudo. Será apresentado um modelo de sistema de PE que será utilizado no trabalho de pesquisa de campo, estudado em conjunto com um modelo de produção com preocupação ambiental. Nessa seção serão destacadas as práticas que estão mais diretamente relacionadas aos princípios de uma produção que utilize racionalmente os recursos e evite desperdícios, aumentando a produtividade e trazendo vantagens econômicas e ambientais para as empresas.

4.1 MODELOS DE PRODUÇÃO COM PREOCUPAÇÃO AMBIENTAL

Muitos anos já se passaram desde o estabelecimento da política de desenvolvimento industrial sustentável pela ONU, mas a adesão à mesma em larga escala pelas indústrias ao redor do mundo ainda está por vir. As linhas principais desta política foram desenvolvidas e adaptadas, dando origem a uma série de outros conceitos derivados e correlatos. O Quadro 4 mostra a evolução histórica dos acontecimentos que pautaram o estabelecimento dos princípios do desenvolvimento industrial sustentável e a evolução das discussões em torno do assunto, bem como os anos em que foram publicados os primeiros artigos com pesquisas de campo relacionadas com esses conceitos.

Quadro 4: Fatos marcantes para a evolução do desenvolvimento industrial sustentável no mundo (MANZAN; MIYAKE, 2012)

- 1967 – Criação da UNIDO
- 1972 – Lançamento do PNUMA¹⁰ (UNEP)
- 1977 – Primeiro artigo sobre “End-of-Pipe”
- 1987 – Primeiro artigo sobre “Sustainable Production”
- 1991 – UNEP define a Produção mais Limpa (“Cleaner Production”)
 - Primeiro artigo sobre “Cleaner Production”
- 1992 – Conferência Rio92 – Adoção da UNEP através da Agenda 21
- 1994 – Primeiro artigo sobre “Green Production”
- 1995 – Primeiro projeto do *Lowell Center for Sustainable Production*
 - Primeiro artigo sobre “Green Manufacturing”
- 1996 – Publicação da Norma de Gerenciamento Ambiental ISO 14000
 - Primeiro artigo sobre “Sustainable Consumption & Production”
- 1997 – Declaração de Nairóbi - Instalação definitiva da UNEP
- 2000 – Declaração das Metas de Desenvolvimento do Milênio
- 2002 – Conferências Rio+10 – Johannesburgo
- 2003 – Processo de Marrakech
 - Criação da *Global Footprint Network*
- 2004 – Abertura escritório do PNUMA (UNEP) em Brasília
- 2007 – Adesão do Brasil ao Processo de Marrakech
- 2008 – Lançamento do PPCS¹¹ no Brasil
- 2012 – Conferência Rio+20 – Rio de Janeiro

¹⁰ Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

¹¹ Plano de Ação para Produção e Consumo Sustentáveis

Para verificar a época de surgimento dos diversos conceitos e definições ligadas à ideia de desenvolvimento industrial sustentável foi utilizada a ferramenta de busca de artigos oferecida pelo *síte* Web of Knowledge. Extraíndo a relação de artigos relacionados aos termos utilizados para filtragem, localizados por meio dessa ferramenta, foi levantada a frequência anual de artigos acadêmicos que contemplam os diversos conceitos encontrados nesta base de dados (Figuras 7, 9, 10, 11 e 12). Dessa mesma relação foram identificados os primeiros artigos publicados que introduziram a discussão de cada conceito específico considerado nesta seção, em seu título, resumo ou palavra-chave.

O referencial teórico utilizado pelo presente trabalho destaca os conceitos de modelos de produção com preocupação ambiental que tiveram maior influência na produção de artigos acadêmicos sobre o tema da produção industrial e suas relações com a sustentabilidade. Os modelos de produção com preocupação ambiental estudados são:

- Tecnologias de Fim-de-Tubo (*End-of-Pipe Technologies*)
- Produção mais Limpa (*Cleaner Production*)
- Manufatura Verde (*Green Manufacturing*)
- Produção Sustentável (*Sustainable Production*)
- Produção e Consumo Sustentáveis (*Sustainable Consumption & Production*)

4.1.1 TECNOLOGIAS DE FIM-DE-TUBO (*END-OF-PIPE TECHNOLOGIES*)

As tecnologias de fim-de-tubo (EOP) não são uma parte do processo de produção em si. São acessórios utilizados para mitigar os efeitos danosos ao meio ambiente que podem ocorrer durante o processo de produção. As formas mais conhecidas de utilização dessas tecnologias são os filtros instalados na exaustão de equipamentos industriais, com objetivo de reter material particulado ou captar produtos químicos volatilizados antes de serem lançados à atmosfera. Outro acessório bastante utilizado são as Estações de Tratamento de Efluentes (ETE),

instaladas na própria planta e destinadas a tratar os efluentes líquidos resultantes do processo industrial, fazendo retornar ao meio ambiente apenas a água, livre de outros produtos,

Contudo, existem práticas de produção que podem fazer parte do processo de transformação e que também contribuem para reduzir os efeitos ambientalmente danosos que a produção de determinado produto pode causar. A grande diferença entre esses dois modos de abordar o problema da poluição gerada no processo de produção é que a tecnologia EOP é um investimento na planta que não traz nenhum efeito direto na melhoria do rendimento do processo de produção. Por outro lado, determinadas práticas de produção inseridas no processo de fabricação não constituem apenas um investimento, mas resultam também numa redução dos custos de produção (custo total por unidade vendida), que traz benefícios econômicos às empresas.

A adoção de tecnologias EOP, porém, constitui a forma mais comum de controle ambiental para a grande maioria das indústrias. Soluções mais radicais ou sofisticadas em termos de mudanças de processos raramente são empregadas. Moors; Mulder e Vergragt (2005) detectaram que principal razão para a adoção de técnicas tradicionais de fim-de-tubo são o alto risco envolvido na implementação de uma tecnologia não testada e a necessidade de rapidez na obtenção dos resultados.

Há que se destacar que, em função do rigor das exigências da legislação ambiental local, a adoção de tecnologia EOP pode ser indispensável. Isso foi relatado por Rothenberg; Pil e Maxwell (2001) e Berkel; Willems e Lafleur (1997), que identificaram que somente a adoção de práticas de produção baseadas nos conceitos de P+L não permitiam alcançar os padrões requeridos pela regulamentação antipoluição. Algumas indústrias que produziam tintas e solventes, por exemplo, tiveram de utilizar ambas as técnicas complementarmente para não atingir os limites máximos de emissão de produtos tóxicos na atmosfera e em seus efluentes líquidos e sólidos. Em compensação, observou-se que a utilização de técnicas de P+L implantadas desde o início do processo de produção, resultava em um menor custo da tecnologia fim-de-tubo complementar necessária.

Assim, a opção da utilização de tecnologias EOP não deveria excluir a aplicação de outras práticas relacionadas com o objetivo de proteção ambiental. Ela

deve ser tratada como uma maneira complementar para se conseguir fazer com que o sistema de produção atinja os padrões legais mais exigentes. Assim, por exemplo, se existirem diferentes formas de controle de determinado tipo de resíduo, poderá ser efetuada uma avaliação prévia do grau de eficiência ambiental de cada opção, em função do custo de implantação e de manutenção dos equipamentos envolvidos em relação ao grau de melhoria ambiental que pode ser alcançado. Em função do rigor da legislação ambiental existente, poderão ser tomadas medidas combinadas entre mudanças de processo (típicas dos modelos de produção com preocupação ambiental), que podem diminuir a quantidade de poluição gerada e sistemas de contenção (típicos das tecnologias EOP), que poderiam conter completamente e com mais eficiência o restante de emissão poluente ainda gerada.

Em um trabalho baseado em dados coletados por meio de um *survey*, Frondel; Horbach e Rennings (2007) fizeram uma análise de quais fatores poderiam levar as empresas a adotar a abordagem de modificação do processo ao invés de soluções EOP. Nesse *survey* foram levantados dados de uma amostra de 3.100 empresas em sete países¹² da Organização para o Desenvolvimento e Cooperação Econômica (OECD¹³). Os dados consolidados neste estudo mostram que 3 em cada 4 empresas analisadas adotaram mudanças em seu processo de fabricação de forma consoante aos princípios da P+L. Essas mudanças estavam ligadas à ações que visavam o aumento da eficiência ambiental da produção e as principais razões para a escolha dessa abordagem foram o baixo custo da implantação da mudança, os ganhos obtidos na racionalização da produção e o atendimento de pressões por melhorias ambientais vindas do mercado consumidor. Quando as empresas tiveram que optar por soluções EOP, o fizeram devido a pressões regulatórias.

Uma análise da relação entre a opção de implantação de determinado controle de poluição e os subsídios e políticas de controle governamentais pode ser encontrada em Dong et al. (2010). Este trabalho concluiu que a adoção da P+L no processo de produção poderia ser estimulada através da ampliação da diferença de custos com as soluções de controle de poluição do tipo EOP. Uma forma de se fazer isso seria através da criação de uma taxa extra para o desperdício e/ou uso excessivo

¹² Canadá, França, Alemanha, Hungria, Japão, Noruega e Estados Unidos,

¹³ *Organization for Economic Co-operation and Development.*

de energia ou aplicação de descontos e subsídios para as reduções de consumo alcançadas. Outra forma de promoção seria a redução do custo necessário para a implantação das mudanças necessárias no processo de produção, utilizando as próprias ferramentas de melhoria de produtividade já existentes na organização.

Por fim, uma das razões que têm retardado a implantação de ações de preservação do meio ambiente na grande maioria das indústrias é que a implantação de tecnologias EOP tende a demandar um investimento muito alto em função da sofisticação da tecnologia que empregam. Dessa maneira, a procura de soluções integradas com o processo de produção e que demandem um menor investimento pode ser uma forma mais eficiente de facilitar a adoção dessas soluções pelas empresas e melhorar os resultados ambientais do setor industrial.

O primeiro artigo acadêmico sobre as tecnologias rotuladas como de “fim-de-tubo”, encontrado na base de dados da *Web of Knowledge*, foi publicado em 1977 (PAILTHORP, 1977). Porém, somente após 1992 esta expressão passou a ser mais largamente empregada em trabalhos que procuram comparar as práticas mais modernas de proteção ambiental com a tradicional prática de controle de poluição por meio de tecnologias de “fim-de-tubo”. Desde então, foram publicados outros 284 artigos acadêmicos em periódicos indexados por esta base de dados, os quais estão distribuídos conforme ilustra a Figura 7.

Figura 7: Distribuição dos artigos acadêmicos encontrados nos periódicos indexados na base de dados *Web of Knowledge* (em NOV/2011), relacionados com o tópico “*End of Pipe*”, agrupados por ano de publicação.

4.1.2 PRODUÇÃO MAIS LIMPA (*CLEANER PRODUCTION*)

Na medida em que avançava a preocupação mundial com o problema da poluição ambiental e medidas de contenção começaram a ser mais exigidas das empresas, surgia um novo desafio a ser enfrentado: o consumo excessivo de recursos não renováveis. A limitação da capacidade de regeneração da natureza fez com que fosse proposto um conceito mais amplo de proteção ambiental, que significasse um avanço em relação às meras medidas de contenção de poluição. É nesse contexto que surge a ideia da P+L, apresentada pela UNEP e detalhada pelo esquema da Figura 8. Nessa representação esquemática são apontados os oito princípios fundamentais da P+L.

Figura 8: Modelo de Produção mais Limpa proposto pela UNEP (UNIDO, 1991a)

Com esse modelo, as Nações Unidas passaram a promover uma série de ações de divulgação e promoção do conceito de racionalização na utilização de recursos. Para isso, é possível lançar mão de todas as ferramentas necessárias para alcançar os objetivos de economia de recursos e diminuição da produção de resíduos. Para a promoção desses princípios a P+L apregoa a adoção de um conjunto de práticas mais limpas, que estão enumeradas no Quadro 5.

Quadro 5: Práticas relacionadas à definição de P+L (UNIDO, 1991a)

<i>PRINCÍPIOS e DEFINIÇÕES</i>	<i>PRÁTICAS ASSOCIADAS</i>
<p>[PL1] Boa arrumação</p> <p>Instalações apropriadas, operações padronizadas e práticas e procedimentos de manutenção preventiva.</p>	<p>1-Manter o local de trabalho limpo e arrumado como forma de facilitar a detecção de problemas de segurança e operação, revelando algum defeito, vazamento ou desperdício de matéria-prima.</p> <p>2- Utilizar menor quantidade de materiais e produtos para limpeza (panos, solventes, pós, graxa, óleo, filtros), através de limpeza e arrumação constantes.</p> <p>3-Executar a manutenção preventiva contemplando análise de rendimento da máquina, consumo de energia elétrica, emissão de poeira e ruídos.</p>
<p>[PL2] Mudança na matéria-prima</p> <p>Substituição de matérias-primas por outras menos perigosas, recicláveis ou com maior ciclo de vida útil.</p>	<p>4-Substituir matéria-prima que provenha de fonte não-renovável ou tenha características tóxicas ou perigosas.</p> <p>5-Estimular a cadeia de suprimentos a ter um comportamento sustentável em sua produção e incentivá-los a participar do esforço de melhoria ambiental.</p> <p>6-Utilizar um substituto para matéria-prima ou insumo utilizado que tenha um maior ciclo de vida, seja mais resistente ou possa ser reaproveitado ou reciclado mais vezes.</p>
<p>[PL3] Melhor controle de processo</p> <p>Alteração dos procedimentos de trabalho, instruções de máquina e registros de processos com o objetivo de aumentar a eficiência dos processos e diminuir os desperdícios e emissões geradas.</p>	<p>7-Estabelecer instruções de trabalho e fichas de controle de processo visando o rendimento do uso da matéria-prima.</p> <p>8-Incluir, entre os controles de produção, metas de redução de gasto de energia elétrica, combustíveis e emissões.</p> <p>9-Registrar a quantidade e qualidade das emissões resultantes do processo de produção, tanto gasosas, líquidas e sólidas quanto as sonoras.</p>
<p>[PL4] Modificação no equipamento</p> <p>Substituição ou alteração no equipamento de produção com o objetivo de aumentar a eficiência dos processos e diminuir os desperdícios e emissões geradas.</p>	<p>10-Instalar equipamentos automáticos de monitoramento dos equipamentos para melhorar os controles de processo e a eficiência no consumo de energia.</p> <p>11-Atualizar e reformar equipamentos de modo a obter maior rendimento e menores taxas de emissões (gasosas, líquidas, sólidas ou sonoras) resultantes do processo de produção.</p>
<p>[PL5] Mudança tecnológica</p> <p>Mudança ou atualização da tecnologia empregada, para diminuir os desperdícios e emissões geradas durante a produção.</p>	<p>12-Desenvolver ou adotar novos processos e tecnologias que sejam mais eficientes do ponto de vista ambiental.</p> <p>13-Adaptar os processos atuais para torná-los mais simples, transformando a matéria-prima de uma forma que gere menos desperdícios ou menos gastos energéticos.</p> <p>14-Organizar grupos de trabalho formados por clientes, fornecedores e funcionários para desenvolver soluções que melhorem o produto ou o processo nos termos dos princípios da P+L.</p>

Continua

Quadro 5: Práticas relacionadas à definição de P+L (UNIDO, 1991a). **Continuação**

<p>[PL6] Recuperação e reuso na planta</p> <p>Reuso do material desperdiçado no mesmo processo ou em outra aplicação útil dentro da própria empresa.</p>	<p>15-Reaproveitar todo material gerado na produção e que não resultou em produto dentro do próprio processo.</p> <p>16-Dar preferência para utilização de materiais que possam ser reutilizados no próprio processo de produção.</p> <p>17-Alterar o processo de produção para permitir que as sobras de material sejam utilizadas no próprio processo de produção.</p>
<p>[PL7] Produção de subprodutos úteis</p> <p>Transformação dos desperdícios anteriormente descartados em materiais que possam ser reutilizados ou reciclados em outras aplicações fora da empresa.</p>	<p>18-Transformar os resíduos produzidos em materiais úteis para serem utilizados ou reciclados por outras empresas.</p> <p>19-Descartar os resíduos de forma a serem reutilizados ou reciclados por outras empresas.</p>
<p>[PL8] Modificação do produto</p> <p>Alteração das características do produto de modo a minimizar os impactos ambientais provocados por esse produto durante ou após sua utilização ou para minimizar os impactos ambientais provocados pela sua produção.</p>	<p>20-Projetar produtos que utilizem materiais mais adequados à recuperação e reciclagem.</p> <p>21- Incentivar e premiar as ideias de funcionários, clientes e fornecedores ligadas a alterações que tragam benefícios ambientais.</p> <p>22-Fornecer informações ao consumidor para reduzir o impacto ambiental decorrente da utilização do produto ou da sua disposição final.</p> <p>23-Modificar o produto para diminuir o impacto ambiental de sua utilização e possibilitar sua reutilização ou reciclagem.</p>

Em função da confusão que havia na literatura devido à grande quantidade de termos ligados à ideia da sustentabilidade, Robèrt et al. (2002) construíram um modelo relacionando esses vários conceitos, ferramentas e abordagens para demonstrar que eles eram complementares entre si e, dentro desse contexto de produção com preocupação ambiental, não conflitantes.

O que se verifica é que firmou-se na literatura o conceito de P+L definido pela UNEP. Pode-se encontrar trabalhos publicados que levaram os princípios da P+L para o desenvolvimento de produtos e serviços (MAXWELL; VORST, 2002) e avaliações da aplicação desses princípios de forma mais ampla, não só pela proteção ambiental devido à diminuição de emissões quanto pela redução de utilização de recursos naturais (KJAERHEIM, 2005).

Em grande parte dos artigos, porém, quando se apresentam estudos de caso de P+L, a redução de poluição aparece como o principal benefício a ser alcançado (FRESNER, 1998; MOORS; MULDER; VERGRAGT, 2005; FRONDEL; HORBACH; RENNINGS, 2007). O aspecto da racionalização e diminuição na utilização de

recursos acaba sempre sendo considerado, mas apenas como elemento consequente e secundário na medida da eficiência ambiental.

4.1.3 MANUFATURA VERDE (*GREEN MANUFACTURING*)

Apesar de não chegar a ser propriamente uma evolução conceitual, o termo *Green Manufacturing* (GM) é encontrado em muitos trabalhos elaborados por autores dos Estados Unidos da América e da China. Este é o termo utilizado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US-EPA) nos documentos divulgados em seu sítio na Internet para promover ações de preservação ambiental na indústria.

Para caracterizar os processos de manufatura “verde”, Atlas e Florida (1998) definiram uma série de requisitos que deverão ser atendidos. Esses requisitos são baseados em um maior controle sobre a quantidade e os custos dos materiais utilizados e, principalmente, sobre os materiais que saem do processo como desperdícios ou consumíveis. Especialmente em relação ao processo de produção, os autores concluíram que deve haver mudanças em relação aos processos tradicionais de produção para que se possa evoluir na direção de uma produção ambientalmente sustentável, que possa ser considerada “verde”. As mudanças necessárias foram divididas em cinco categorias. Os principais requisitos e as cinco categorias de mudanças no processo de produção estão resumidos no Quadro 6.

Um destaque que deve ser feito entre estas categorias de mudanças apresentadas por Atlas e Florida (1998) é o especial destaque que foi dado à utilização de processos contínuos. Considerando as premissas dos mais modernos e eficientes sistemas de produção, entre eles o da PE, vemos que o processamento por lotes visa à economia de estoques no meio do processo, além de propiciar um menor *lead time* para a produção de uma maior variedade de peças, diminuindo o tempo de entrega. Como também apresentado por Rothenberg; Pil e Maxwell (2001), porém, do ponto de vista do impacto ambiental, o processo contínuo tende a ser melhor que o processo por batelada, visto que diminui os procedimentos de limpeza e preparação de máquinas, que podem gerar resíduos e desperdícios de energia, a cada lote de produção.

Quadro 6: Requisitos e mudanças de processo relacionadas à GM (ATLAS; FLORIDA, 1998).

<i>Requisitos para a GM</i>	<i>Mudanças de processo necessárias para a GM</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Manter um controle de matéria-prima utilizada, desperdícios e os custos associados a eles, em cada etapa do processo de produção • Conhecer a legislação ambiental que a empresa deve respeitar e as metas de melhoria exigidas • Estabelecer o controle ambiental como uma das preocupações centrais da alta direção • Envolver os trabalhadores com os objetivos da GM • Facilitar o acesso às informações técnicas e resultados das opções de tecnologias de produção mais limpas • Estabelecer e monitorar objetivos financeiros, físicos, legais e pessoais desafiadores 	<ul style="list-style-type: none"> i. Diminuição da dependência de intervenção humana ii. Utilização de processos contínuos ao invés de processos por batelada iii. Alteração da natureza dos processos, trocando processos químicos, físicos ou térmicos por outros mais eficientes iv. Diminuição das etapas dos processos de produção v. Alteração dos processos de limpeza

Um termo equivalente, “*green production*”, foi apresentado por Hart, em 1994. De acordo com esse estudo, a “era da produção enxuta” estaria no fim e a produção “verde” deveria emergir como o novo paradigma que tenderia a prevalecer no âmbito das indústrias. Os princípios relativos aos termos citados até agora guardam muitas semelhanças entre si, mas a terminologia *cleaner production* (ou P+L) acompanha a linha desenvolvida pela ONU através da UNIDO, e foi amplamente difundida devido à implantação dos Centros Nacionais de Produção mais Limpa (NCPCs¹⁴) ao redor do mundo. No presente trabalho, os termos “*green manufacturing*”, “*green production*”, “produção verde”, “manufatura verde”, serão considerados como equivalentes.

O primeiro artigo acadêmico sobre “*green manufacturing*” encontrado na base de dados da *Web of Knowledge* foi publicado em 1995 (DICKINSON et al., 1995). Desde então, foram publicados outros 59 artigos acadêmicos em periódicos

¹⁴ O papel e atuação dos *National Cleaner Production Centres* são apresentados no Apêndice 4

indexados por esta base de dados. Quando é feita uma busca com o tópico de busca “*green production*” o primeiro artigo acadêmico encontrado foi publicado em 1994 por Hart. Desde então, foram publicados outros 38 artigos acadêmicos em periódicos desta base de dados. As distribuições dos artigos levantados com esses dois conceitos são apresentados nas Figuras 9 e 10, respectivamente.

Figura 9: Distribuição dos artigos acadêmicos encontrados na base de dados *Web of Knowledge* (em NOV/2011), relacionados com o tópico “*Green Manufacturing*”, agrupados por anos de publicação.

Figura 10: Distribuição dos artigos acadêmicos encontrados na base de dados *Web of Knowledge* (em MAI/2012), relacionados com o tópico “*Green Production*”, agrupados por ano de publicação.

4.1.4 PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL (*SUSTAINABLE PRODUCTION*)

Segundo o Centro para a Produção Sustentável da Universidade Lowell de Massachusetts (LOWELL, [1995]¹⁵; VELEVA et al., 2001; EDWARDS, 2009), o conceito de Produção Sustentável (SP) pode ser definido como:

- Criação de bens e serviços utilizando processos que sejam:
- não poluidores,
 - conservadores de energia e recursos naturais,
 - economicamente viáveis,
 - seguros e saudáveis para os trabalhadores, para a comunidade e para os consumidores e
 - recompensadores social e criativamente para todos os trabalhadores envolvidos.

¹⁵ A data entre colchetes significa uma data aproximada para a publicação da citação, conforme as Diretrizes para Apresentação de Dissertações e Teses da Poli (EPUSP, 2006)

Veleva e Ellenbecker (2001) propuseram um modelo para a promoção da sustentabilidade nas empresas, construído a partir dos indicadores para a produção sustentável desenvolvidos pelo Lowell Center. Esses indicadores são baseados em dez princípios que levam a empresa a atingir a produtividade e eficiência, diminuindo custos e aumentando os resultados do negócio como um todo. Estes dez princípios são enumerados no Quadro 7.

Quadro 7: Dez princípios da Produção Sustentável do Lowell Center for Sustainable Production (LOWELL, [1995])

1. Produtos e embalagens são projetados para serem seguros e ecologicamente seguros durante todo seu ciclo de vida. 2. Serviços são organizados para satisfazer as reais necessidades humanas e promover a equidade e justiça. 3. Desperdícios e subprodutos ecologicamente incompatíveis são reduzidos, eliminados ou reciclados. 4. Substâncias químicas ou agentes físicos e condições que apresentam danos potenciais à saúde humana ou ao meio ambiente são eliminados. 5. Energia e materiais são economizados e as formas de energia e materiais utilizados são as mais apropriadas para os fins desejados. 6. Locais de trabalho e tecnologias são projetados para minimizar ou eliminar os componentes químicos, ergonômicos ou físicos prejudiciais à saúde. 7. O trabalho é organizado para manter e melhorar a eficiência e criatividade dos empregados. 8. A segurança e o bem-estar dos funcionários são uma prioridade, assim como o desenvolvimento contínuo dos seus talentos e capacidades. 9. As comunidades no entorno dos locais de trabalho são respeitadas e melhoradas econômica, social, cultural e fisicamente. 10. A viabilidade de longo prazo da empresa ou instituição é aumentada.

O primeiro artigo acadêmico que referiu o termo “produção sustentável”, encontrado na base de dados da *Web of Knowledge*, foi publicado em 1987 (REPETTO, 1987). Desde então, foram publicados outros 770 artigos acadêmicos com a mesma expressão, distribuídos conforme a Figura 11.

Figura 11: Distribuição dos artigos acadêmicos encontrados na base de dados *Web of Knowledge* (em NOV/2011), relacionados com o tópico “*Sustainable Production*”, agrupados por ano de publicação.

Neste conceito já se pode perceber uma evolução em torno do tema da sustentabilidade, pois inclui entre seus princípios o tema da análise do ciclo de vida de produtos e embalagens, além do envolvimento com a comunidade existente no entorno da unidade de produção. Este envolvimento com a comunidade também está ligado com o aumento da viabilidade da empresa a longo prazo, uma vez que as pressões ambientais tendem a ser mais intensas, questionando os benefícios e os prejuízos que a presença da empresa naquele local traz para a comunidade.

4.1.5 PRODUÇÃO E CONSUMO SUSTENTÁVEIS (SUSTAINABLE CONSUMPTION & PRODUCTION)

O conceito de Produção e Consumo Sustentável (PCS) surgiu como forma de integrar os objetivos da P+L com uma proposta de orientar o consumidor a adotar uma atitude mais sustentável, difundindo a ideia de consumo responsável e sustentável¹⁶ (MMA, 2011). Várias entidades utilizam esse conceito como uma ampliação do

¹⁶ “Consumo Sustentável envolve a escolha de produtos que utilizaram menos recursos naturais em sua produção, que garantiram o emprego decente aos que os produziram, e que serão facilmente reaproveitados ou reciclados. Significa comprar aquilo que é realmente necessário, estendendo a vida útil dos produtos tanto quanto possível”.

conceito de P+L, objetivando uma maior racionalidade nos hábitos de consumo, além do controle mais eficiente dos meios de produção.

Desde a realização da Conferência Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável de Johannesburgo em 2002, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) tem tido uma forte atuação na promoção do que ficou conhecido como Processo de Marrakech (PNUMA, [2003]; CLARK, 2007), inclusive no Brasil. Esse Processo elaborou um programa de metas de 10 anos, também conhecido como *10 Years Framework Process (10YFP)*, que estabeleceu uma série de iniciativas que promovem a busca de padrões sustentáveis de consumo e produção, alinhados com as necessidades de desenvolvimento social e econômico, dentro dos limites da capacidade dos ecossistemas. O Quadro 8 apresenta as principais diretrizes que segundo o Processo de Marrakech devem nortear as práticas da PCS.

Quadro 8: Principais diretrizes do Processo de Marrakech (PNUMA, [2003])

- Desenvolver e implementar estratégias e iniciativas regionais e nacionais em Produção e Consumo Sustentáveis, envolvendo principalmente técnicos e especialistas governamentais.
- Desenvolver ferramentas e metodologias para a promoção do PCS.
- Implementar projetos concretos a nível internacional, regional e nacional.
- Construir mecanismos de cooperação para apoiar a implementação de iniciativas e projetos de PCS.
- Aumentar a eficiência de recursos e reduzir a poluição gerada durante o ciclo de vida do produto e ao longo das cadeias de abastecimento.
- Aumentar o investimento em métodos de produção mais limpos, seguros e eficientes através de políticas públicas e ações do setor privado.
- Aumentar a conscientização do consumidor para utilizar recursos mais eficientes e favoráveis ao meio ambiente em suas escolhas, além de aumentar as opções de compras de bens e serviços.

No Brasil, o Ministério do Meio Ambiente (MMA), aderindo ao Processo de Marrakech criou um Comitê Gestor Nacional de Produção e Consumo Sustentáveis, atuando junto ao Ministério, com ampla participação de representantes da sociedade. Esse Comitê lançou em 2010 o Plano de Ação para Produção e Consumo Sustentáveis (MMA, 2010), que tem por objetivo estabelecer ações integradas para

melhorar a condição de vida da população, conservar os recursos naturais e garantir a qualidade ambiental.

O próprio texto do Plano de Ação estabelece que o conceito de PCS seja uma evolução do conceito de P+L, na medida em que incorpora o consumo e os consumidores como objetos de interferência e participação. Em função do crescente interesse da sociedade pelas questões ambientais, essa mesma sociedade foi chamada a participar do esforço da sustentabilidade por meio de uma racionalização dos seus hábitos de consumo.

O primeiro artigo acadêmico sobre “Produção e Consumo Sustentável” encontrado na base de dados da *Web of Knowledge*, foi apresentado em 1996 em uma conferência internacional em Bruxelas na Bélgica e posteriormente publicado em 1998 (MULDER, 1998). Desde então, foram publicados outros 35 artigos acadêmicos em periódicos indexados por esta base de dados, os quais estão distribuídos conforme ilustra a Figura 12.

Figura 12: Distribuição dos artigos acadêmicos encontrados na base de dados *Web of Knowledge* (em NOV/2011), com o tópico “*Sustainable Consumption and Production*”, agrupados por ano de sua publicação.

4.2 ESTRATÉGIAS PARA A BUSCA DA EXCELÊNCIA OPERACIONAL (EO)

Ao longo das últimas décadas, principalmente a partir dos anos 50's, as empresas vêm enfrentando grandes mudanças estratégicas em função das crescentes demandas de mercado. Bolwijn e Kumpe (1990) dividiram estas demandas em quatro fases e destacaram que devem ser consideradas de modo cumulativo, ou seja, a antiga estratégia torna-se uma *commodity* e a nova demanda passa a ser a

estratégia diferenciadora. Às quatro fases indicadas por esse texto, que retratava a situação até os anos 90's, deve ser acrescentada mais uma: a sustentabilidade. A evolução histórica, ilustrada na Figura 13, pode ser resumida da seguinte maneira:

1. Empresas Eficientes (anos 60's)
2. Empresas eficientes e com Qualidade (anos 70's)
3. Empresas eficientes, com qualidade e Flexíveis (anos 80's)
4. Empresas eficientes, com qualidade, flexíveis e Inovadoras (anos 90's)
5. Empresas eficientes, com qualidade, flexíveis, inovadoras e Sustentáveis (para o novo milênio)

Figura 13: Evolução da estratégia das empresas nas últimas décadas

A excelência operacional (EO), portanto, é um conceito em permanente evolução, incorporando periodicamente vários conceitos novos em função da evolução das demandas da sociedade. No universo da produção industrial, essa evolução implica na elaboração ou adaptação de uma série de modelos ou sistemas de gestão relacionados com a Administração da Produção. Todos esses modelos objetivam sempre uma maior eficiência da produção, com economia de recursos e consequente aumento da rentabilidade do negócio. Essa racionalização de recursos também é bem vinda para a gestão de ambiental, uma vez que o aumento do rendimento da produção resultará em um melhor aproveitamento e/ou menor utilização de recursos naturais.

A EO é um conceito que vem sendo muito discutido uma vez que é o determinante para a elaboração do plano estratégico das empresas. Newman e

Hanna (1996) estudaram a efetividade da estratégia definida por Hill (1994), agregando conceitos ambientais aos Critérios de Pedidos Vencedores e Critérios Qualificadores de Pedidos. Dessa forma, fazendo parte do foco estratégico da empresa, o modelo passa a ser mais eficiente.

Assim, deve-se definir quais são as características importantes do ponto de vista do cliente para que a empresa possa perseguir esses objetivos e se diferenciar no mercado em relação aos seus concorrentes. Para isso, várias estratégias têm sido adotadas. Rodriguez; Ricart e Sanchez (2002) propõe um modelo onde a preocupação com a continuidade dos negócios passa por uma visão dinâmica dos fatores externos que atuam sobre os negócios, onde a empresa passa a considerar, além dos fatores ligados a seu próprio negócio, também fatores sociais, éticos e físicos, incluindo os recursos naturais. A partir de um trabalho de revisão, Sharma e Kodali (2008) elaboraram um modelo, representado na Figura 14, que poderia definir a EO, também chamada de *world-class business*, *operational excellence*, *manufacturing excellence*, com 9 pilares de sustentação.

Figura 14: Estrutura da Excelência Operacional, adaptada de (SHARMA; KODALI, 2008)

Considerando que o desenvolvimento das empresas que desejam atingir a EO passa pela construção de cada um dos pilares desse modelo, o presente trabalho destaca três objetivos para serem discutidos no referencial teórico: Meio ambiente, Qualidade e Custo.

Para o objetivo do Meio Ambiente, o modelo utilizado por Sharma e Kodali (2008) estabelece como pilar, basicamente o modelo do GM. Dentro desse modelo, o atendimento da legislação é parte importante da imagem de confiabilidade e lealdade da empresa junto a todos os *stakeholders*. Essa importância reflete-se na discussão trazida por vários artigos acadêmicos e detalhada em seguida, na seção 4.2.1.

Um dos objetivos mais importantes na evolução da estratégia das empresas em busca da EO é o gerenciamento da qualidade. No modelo apresentado na Figura 14, foi indicado como pilar o conceito de TQM, porém o tema da qualidade é tratado na literatura sob diversos conceitos equivalentes. Neste referencial teórico, a discussão do tema será feita na seção 4.2.2 e 4.2.3.

Por último, o presente trabalho discute na seção 4.2.4 o pilar da Produção Enxuta. O modelo de gerenciamento de produção utilizado pelas empresas tem como objetivo central a diminuição dos custos de produção e o aumento da produtividade. Na visão de Sharma e Kodali (2008), a PE é a estratégia mais apropriada para o gerenciamento de custos (ver o último pilar à direita na Figura 14). Kaplan (1990) destaca que as práticas JIT contribuem para a EO na medida em que reduzem o tempo de entrega dos produtos, a área ocupada pela produção e a diminuição dos estoques. Na visão do autor, em termos de estratégia de produção, o JIT praticamente se confunde com a PE. Segundo Gagnon (1999), todas as práticas do JIT ou da PE contribuem para a excelência operacional na medida em que procuram aumentar a eficiência da produção. Ainda de acordo com esse autor, a EO só pode ser alcançada com uma estratégia baseada em recursos para que as vantagens dessas práticas sejam plenamente capitalizadas.

Finalmente, na Seção 4.2.5, será feita a seleção da estratégia de EO que será utilizada no presente trabalho, como forma permitir às empresas aliar objetivos de sustentabilidade às suas estratégias de negócios, reforçando os objetivos de crescimento e rentabilidade.

4.2.1 EXCELÊNCIA OPERACIONAL ATRAVÉS DO ATENDIMENTO À LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

Incluída no pilar do “meio ambiente” pelo modelo proposto para a EO, muitos autores apontam que os processos regulatórios governamentais podem influenciar significativamente o resultado final das empresas. A EO da empresa seria alcançada pelo atendimento às normas, procedimentos e legislações a que estariam submetidas. Além da legislação trabalhista, administrativa e tributária, também as restrições de proteção ambiental também fazem parte desse conjunto de regulamentos. Podem ser encontrados alguns casos nos quais os resultados da regulação apenas da poluição ambiental não se mostra tão eficientes, ou seja, não atinge os objetivos de diminuição dos impactos ambientais, devendo haver estímulos às reduções de consumo.

Hillary e Thorsen (1999), por exemplo, não encontraram nenhuma grande mudança no impacto ambiental em seu estudo, pois onde havia poluição da água, o tratamento dessa água resultou uma deposição de lodo em um aterro sanitário – tipicamente uma solução EOP. O conceito de EO estaria contemplando o requisito de atendimento à legislação, porém, para a P+L o problema ainda estaria pendente de solução. A PE, por sua vez, poderia reduzir a quantidade de formação desses resíduos, economizando matéria-prima e energia.

Outro exemplo importante, relacionado com o setor industrial que será alvo do presente trabalho, é a indústria de fundição nos Estados Unidos. Apesar de ser um grande consumidor de energia, o Relatório Anual de 2002 do Departamento de Energia dos Estados Unidos (CMC, 2002) projetou para o ano de 2020 uma economia de energia de apenas 3 – 5% para esse setor. Dalquist e Gutowski (2004) sugerem que esta melhoria insignificante seja devido à pouca importância que os pesquisadores dão para os antigos processos de produção de fundição em areia; desse modo, não haverá nenhuma nova tecnologia disponível ou sendo desenvolvida para que se consiga um resultado melhor.

O primeiro artigo acadêmico, encontrado na base de dados da *Web of Knowledge*, que estudou a relação das demandas regulatórias com a P+L foi publicado em 1995 (McLEOD et al., 1995). Desde então, foram publicados outros 48

artigos acadêmicos em periódicos indexados por essa base de dados, conforme Figura 15.

Figura 15: Distribuição dos artigos acadêmicos encontrados na base de dados *Web of Knowledge* (em NOV/2011), relacionados com o tópico “Regul*” AND “Cleaner Production”, agrupados por ano de publicação.

As ações de proteção ambiental focadas na redução da poluição, vai direto às soluções EOP, sempre mais caras e dependentes de tecnologia. Devido a essa necessidade de investimento, são principalmente as grandes empresas que têm maior atuação nesse tipo de controle ambiental. A partir da análise de um determinado setor (as indústrias de mineração), Hilson (2000) observou que a grande maioria das empresas não tem nada desenvolvido em termos de controle ambiental devido a limitações econômicas. O Autor mostrou que as barreiras à implementação de práticas de P+L eram de três tipos: legislativas, tecnológicas e econômicas e concluiu que somente uma intervenção governamental intensa poderia remover essas barreiras.

Pequenas indústrias são uma boa fonte de estudo porque elas são muito importantes em países em desenvolvimento, além de serem uma grande fonte de poluição em geral. Frijns e Vliet (1999) estudaram a implantação de estratégias de P+L nesse tipo de empresas e concluiu que, a despeito dos bons resultados que podem ser alcançados individualmente, a única maneira dessa redução do impacto ser significativa para o meio ambiente é “organizar” a abordagem das diferentes estratégias de gerenciamento de produção, de qualidade e ambiental, de modo que possam somar seus efeitos.

A integração de estratégias de gerenciamento ambiental e de qualidade facilitou o atendimento de demandas regulatórias em um estudo feito com pequenas e médias empresas em Portugal por Santos; Mendes e Barbosa (2011). Nesse estudo,

os autores mostraram que cada empresa tem sua própria maneira para adotar estratégias de P+L; mudando em função das definições estratégicas estabelecidas pelos seus proprietários, da sua posição geográfica e da política local. Uma diretriz governamental, padronizada, que promova o desenvolvimento de um programa único e uma política de incentivos econômicos para essas empresas poderia trazer um resultado melhor.

4.2.2 EXCELÊNCIA OPERACIONAL ATRAVÉS DE CERTIFICAÇÕES ELETIVAS

A busca da melhoria da qualidade do processo, mais que um componente que conduz a um aumento de produtividade para as empresas, representa a conquista de uma imagem de confiabilidade que as credencia a competir no mercado. As certificações de processo e gestão, como as exemplificadas no Quadro 9 têm sido muito difundidas e utilizadas pelas empresas para conseguirem credibilidade junto à sociedade e, principalmente, junto aos *stakeholders*, fazendo parte do seu movimento rumo à EO. Uma vez que o atestado fornecido por órgãos independentes confere à empresa um grau de organização que pode ser comparado a nível global, a empresa está capacitada para enfrentar o mercado e manter uma estrutura de melhoria permanente em relação aos sistemas certificados.

Quadro 9: Exemplos de sistemas de gerenciamento da qualidade certificados que fazem parte da busca pela EO

• ISO 9001	Gestão da Qualidade
• ISO 14001	Gestão Ambiental
• OHSAS 18002	Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional
• ABNT 16001	Gestão de Responsabilidade Social
• ISO 26000	Gestão de Responsabilidade Social Corporativa
• ISO 31000	Gerenciamento de riscos
• ISO 50000	Gerenciamento de Energia

Do pilar do Gerenciamento da Qualidade Total do modelo da Figura 14, podemos considerar outros conceitos relacionados ao gerenciamento da qualidade, de maneira geral. Podem ser encontrados na literatura diversos trabalhos ligados ao tema da qualidade e sua relação com a EO e os objetivos da sustentabilidade ambiental.

As certificações, tanto de qualidade quanto ambientais, são um excelente meio de consolidação das conquistas buscadas através de ações de P+L. O estudo de Fresner (1998) mostra que ações de P+L, utilizadas em conjunto com a certificação ISO14000 forma uma base sólida para uma melhoria preventiva e contínua do rendimento ambiental da organização.

4.2.2.1 Sistema de Gestão da Qualidade ISO 9001

A integração dos princípios da PE à estrutura na norma de Gerenciamento da Qualidade ISO 9001 pode ser uma forma de ampliar os benefícios de ambos para o desenvolvimento da empresa. Em uma grande revisão, de trabalhos com estudos de casos feitos na Europa durante os nove anos anteriores, Chiarini (2011) propôs um esquema de integração entre as duas abordagens, integrando os conceitos de forma a organizar a grande sinergia que ocorre entre eles. Nas palavras do autor “as empresas que integram *lean* e ISO 9001 ganham como bônus a possibilidade de aumentarem a eficiência, em função da ISO 9001 e a redução de desperdícios, típicas do pensamento *lean*, fica padronizada e formalizada com a documentação da ISO 9001”. O resumo dessa integração foi apresentado na forma do Quadro 10.

Quadro 10: Relação entre PDCA, ISO9000 e princípios *lean* (CHIARINI, 2011)

<i>Estágio do PDCA</i>	<i>Objetivos da ISO9000</i>	<i>Práticas/ferramentas lean</i>
Planejar (<i>Plan</i>)	Estabelecer os objetivos e processos necessários para chegar a resultados de acordo com os requisitos do cliente e as políticas da organização	<i>Hoshin Kanri</i> (Planejamento estratégico)
Fazer (<i>Do</i>)	Implantar os processos	<i>Kaizen</i> e todas as ferramentas <i>lean</i>
Controlar (<i>Check</i>)	Monitorar e medir os processos e produtos em face das políticas, dos objetivos e requisitos do produto e relatar os resultados	Métrica <i>lean</i> , controle visual e gerenciamento
Atuar (<i>Act</i>)	Tomar ações para melhorar continuamente o rendimento do processo	<i>Hoshin Kanri</i> e <i>Kaizen</i>

4.2.2.2 Sistema de Gestão Ambiental ISO 14001

Em geral, quando o assunto tratado em um texto menciona algum SGA, a referência mais importante acaba sendo o sistema consagrado pela Norma de Sistema de Gestão Ambiental ISO 14001, que é o mais completo. Outros sistemas de gestão existentes acabaram incorporando várias atividades da empresa, tendo como base a qualidade do produto e o rendimento ambiental, citados no Quadro 9, dentre os quais se destacam: OHSAS 18002; ABNT 16001; ISO 26000; ISO 31000 e ISO 50000. Qualquer um deles fornece ferramentas que garantem a continuidade do sistema, embora sozinhos não garantam o bom resultado ambiental em si; são necessárias ações conjuntas desenvolvidas com o gerenciamento da produção.

Outra estratégia utilizada para se alcançar a produção ambientalmente sustentável é a de equiparar os objetivos da P+L com os objetivos propostos pela Norma ISO 14001. Dessa forma, existem trabalhos que relacionam uma maior facilidade da implantação do SGA ISO 14001 quando a empresa já possui o SGQ ISO 9001 implantado.

A própria Norma ISO 14001 apresenta uma seção em que estabelece as correspondências técnicas entre práticas de gestão da qualidade ISO 9001 e a ISO 14001. O sistema de gestão ambiental proposto na Norma baseia-se na metodologia *Plan-Do-Check-Action* (PDCA), ilustrada na Figura 16, de forma a alimentar um ciclo de melhoria contínua.

Figura 16: Metodologia PDCA em que foi baseada a Norma ISO 14001 (ABNT, 2004).

King e Lenox (2001) fizeram um estudo para verificar as conexões entre as empresas que adotaram a norma ISO 9001 de gerenciamento de qualidade e a facilidade que eles tiveram para adotar a norma ISO14001 de gerenciamento ambiental. Além da facilidade na adoção da norma ISO14001, os autores constataram também reduções na geração de resíduos, emissões totais e na necessidade de tratamentos do tipo EOP para controle da poluição. Todas essas variáveis foram analisadas em conjunto com uma avaliação da equivalente redução de custos alcançada.

Em outro estudo, Johnson; Sun e Johnson (2007) concluíram que as empresas devem encarar o gerenciamento da produção, o gerenciamento da qualidade e o gerenciamento ambiental para além dos seus objetivos imediatos, incorporando-os em suas estratégias, para não se limitarem a seguir um modismo passageiro, com resultados limitados. Estes autores sugerem, então, que as práticas da PE podem exercer um papel complementar, eminentemente instrumental, para reforçar os esforços na direção dos objetivos estratégicos.

Em uma amostra de pequenas e médias empresas de Portugal, Santos; Mendes e Barbosa (2011) concluíram que o efeito mais importante dessa integração foi mesmo a melhoria da organização interna e da imagem da empresa externamente, com consequente aumento de vendas. A redução de custos e o atendimento à legislação ambiental foram apontados pelas empresas pesquisadas como efeitos positivos, mas secundários. Praticamente na mesma linha, Mijanovic e Kopac (2005)

apontaram a necessidade das empresas adotarem como estratégia de aumento de vendas para o mercado externo, não apenas o investimento em gerenciamento de qualidade, mas também o investimento em sistemas de gerenciamento ambiental.

A adoção do gerenciamento ambiental ISO 14001 *per se* também não garante a melhoria do rendimento ambiental da empresa. Puvasnaran; Kerk e Muhamad (2011) entendem que a melhoria da eficiência do negócio como um todo só é alcançada com a adoção de práticas da PE aliadas ao gerenciamento ambiental.

O primeiro artigo acadêmico encontrado na base de dados da *Web of Knowledge*, que mostrou uma similaridade entre as bases do SGQ ISO 9001 e do SGA ISO 14001 foi publicado em 1996 (LEVINE; DYJACK, 1996). Desde então, foram publicados outros 104 artigos acadêmicos em periódicos indexados por esta base de dados, conforme Figura 17.

Figura 17: Distribuição dos artigos acadêmicos encontrados na base de dados *Web of Knowledge* (em NOV/2011), relacionados com os tópicos "ISO 900*" AND "ISO 1400*", agrupados por ano de publicação.

4.2.3 EXCELÊNCIA OPERACIONAL ATRAVÉS DE MODELOS DE GESTÃO DA QUALIDADE

Integração entre os diversos sistemas é a tônica de diversos artigos, ou seja, a utilização dos sistemas de gerenciamento de produção à disposição com o acréscimo de objetivos de sustentabilidade (ROCHA; SEARCY; KARAPETROVIC, 2007; ASIF et al., 2008). Esses artigos colocam a sustentabilidade numa posição mais estratégica e as ferramentas escolhidas podem ser uma ou várias, desde que ocorra essa integração de objetivos na direção da EO. Independente de certificação obtida de

órgãos externos à empresa, a excelência operacional baseada em uma modelo de gestão estruturado, resulta em aumento de produtividade e racionalização de recursos.

4.2.3.1 *Total Quality Management (TQM)*

Vuppalapati; Ahire e Gupta (1995) discutem a busca da EO através da implantação conjunta de estratégias JIT com estratégias de Total Quality Management (TQM). Eles colocam o TQM como a base da filosofia que irá nortear todas as outras ações da empresa na medida em que cria valor e estabelece as metas e objetivos para satisfazer o cliente.

Da mesma forma, Zhu e Sarkis (2004), a partir dos dados de um *survey*, destacaram o efeito positivo da existência de um gerenciamento da qualidade quando estudaram a implantação de uma cadeia de suprimentos sustentável. A disciplina e a preocupação constante com a qualidade e com o cliente, que vem da estrutura do TQM, facilita muito a adoção de medidas de proteção ao meio ambiente, além de contribuírem para a EO das empresas.

4.2.3.2 *Six Sigma*

Na definição de Pyzdek (2003) o *Six Sigma* não se ocupa da qualidade no sentido tradicional, mas a redefine como o valor agregado por um esforço produtivo para que a empresa alcance seus objetivos estratégicos.

Antony (2007) coloca o *Six Sigma* como uma das mais importantes estratégias de negócio atuais devido à maneira como estabelece o foco no cliente, estimulando as atividades de inovação e melhoria contínua. Essa metodologia é utilizada como uma forma de se utilizar técnicas e ferramentas de forma integrada para a solução de problemas, que contém as questões ambientais e conduzem à EO e de negócios.

4.2.4 EXCELÊNCIA OPERACIONAL ATRAVÉS DA PRODUÇÃO ENXUTA

Para que se consiga alcançar o objetivo de Custos, dentro das estratégias para a EO, podem ser utilizados diversos modelos de gerenciamento de produção. A produtividade é questão essencial para a lucratividade, apesar de não ser o único fator determinante. Uma boa estrutura de custos garante que os resultados de aumento de produtividade reflitam em uma maior lucratividade da empresa. Dessa forma, em um determinado processo produtivo, deve existir a preocupação de serem aplicadas práticas que visem o aumento da produtividade e do rendimento dos recursos aplicados, bem como práticas que garantam a flexibilidade ou racionalização no uso dos recursos para que a estrutura de custos mantenha-se sob controle.

Em particular, Sharma e Kodali (2008), conforme o modelo apresentado na Figura 14, preconizam que a busca da produtividade através da PE favorece os objetivos de custo na busca da EO. Asif et al. (2010) concluíram que a EO só poderia ter um efeito duradouro com a integração dos sistemas de gerenciamento através de práticas *lean*; do mesmo modo que concluíram os trabalhos de Johnson; Sun e Johnson (2007) e Yang; Hong e Modi (2011).

Em função dos trabalhos encontrados na literatura, a quarta estratégia a ser detalhada no referencial teórico desse trabalho é a da PE, como uma das possíveis estratégias que as empresas podem adotar na busca da EO.

4.2.4.1 Pensamento Enxuto (*Lean Thinking*)

O conceito de *lean* foi introduzido por Womack, Jones e Roos (1990) para descrever as práticas e filosofia de trabalho das fabricantes de veículos japonesas e,

em particular, descrever o Sistema Toyota de Produção (STP ou TPS¹⁷). Essa filosofia era baseada no melhoramento contínuo dos processos e eliminação dos desperdícios e ações desnecessárias, ou seja, na eliminação de qualquer atividade humana que absorva recursos, sem criar nenhum valor.

Em um trabalho posterior, o conceito inicial do pensamento enxuto foi mais extensivamente definido e descrito por Womack e Jones (1996) através de uma análise do fluxo de valor, pois, segundo eles, “o pensamento enxuto é uma forma de especificar valor, alinhar na melhor sequência as ações que criam valor, realizar essas atividades sem interrupções toda vez que alguém as solicita e realizá-las de forma cada vez mais eficaz”. Dividiram, dessa maneira, a sequência das ações de produção, de acordo com o pensamento enxuto, em cinco etapas:

1. Determinar o Valor – Definir precisamente o valor das etapas do processo produtivo a partir da perspectiva do consumidor final do produto específico, com capacidades específicas oferecidas e para um determinado momento.
2. Identificar os Fluxos de Valor – Identificar o fluxo de valor completo de cada produto ou família de produto e eliminar desperdícios, etapas e processos que não agregam valor.
3. Fazer o valor fluir – Fazer as etapas geradoras de valor residual fluírem, ou seja, concentrar esforços para que essas etapas de produção tenham maior rendimento possível em termos de tempo, consumo de matéria-prima e geração de defeitos e retrabalhos.
4. Deixar o cliente puxar o valor – Planejar e fornecer o que o consumidor quer somente quando ele quiser, diminuindo-se ao máximo os estoques intermediários e o estoque de produtos finais.
5. Perseguir a perfeição – Tender à perfeição através da contínua remoção de camadas sucessivas de desperdícios assim que elas sejam descobertas. Essa sendo a base do princípio da melhoria contínua, não só com o objetivo de diminuição de desperdícios internos quanto

¹⁷ Toyota Production System

também com vistas à melhoria da qualidade dos produtos que chegam ao consumidor final.

A US-EPA mantém em seu *site* na internet uma cartilha chamada *Lean and Environment Toolkit* que apresenta técnicas e práticas de chão de fábrica para implantação da PE em conjunto com o gerenciamento ambiental (US-EPA, 2006). Esse manual foi desenvolvido a partir de experiências práticas de empresas e organizações atuando em parceria com a Agência Ambiental americana. Dessa forma, esse manual tem por objetivo habilitar as empresas que já utilizam a PE a melhorar o rendimento dos seus negócios em conjunto com melhorias em seu rendimento ambiental. Os benefícios da integração entre PE e gerenciamento ambiental estão resumidos no Quadro 11.

Quadro 11: Benefícios da integração da PE com um SGA (US-EPA, 2003; 2006)

• Redução de Custos • Melhoramento do fluxo de processos e redução do lead-time • Diminuir o risco de não atendimento às demandas regulatórias • Atender às expectativas dos consumidores • Melhorar a qualidade ambiental • Melhorar o moral e o comprometimento dos funcionários

Esta abordagem inclui o desenvolvimento de análises de intervenções que não somente melhorem o fluxo da produção em termos de produtividade, flexibilidade e rapidez, como também sob a perspectiva da redução dos impactos sobre o meio ambiente. Dessa maneira, a US-EPA faz três recomendações às empresas com relação à implantação do método:

1. Que utilizem especialistas em PE para detectarem os pontos cegos ambientais que normalmente afloram com aplicações de práticas enxutas;
2. Que priorizem a redução de desperdícios na implantação das práticas enxutas;
3. Que procurem atender às demandas governamentais quanto aos aspectos ambientais de limites de emissão e racionalização de utilização de recursos na orientação do planejamento de implantação das práticas enxutas.

O foco do trabalho da US-EPA está na eliminação dos desperdícios e o planejamento das ações está baseado no Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV ou

VSM¹⁸). Outro exemplo da utilização de VSM como uma ferramenta na análise e controle de certos desperdícios pode ser encontrado no estudo de Torres Jr. e Gati (2009). A avaliação precisa dos pontos exatos dos desperdícios evita que a simples medição de redução de consumo no final da cadeia de produção possa compensar perdas e ocultar falhas de processo que devem ser corrigidas. Esses pontos de desperdícios, que podem ficar ocultos, constituem perdas potenciais e podem revelar processos ineficientes que poderão se transformar em importantes fontes de desperdícios no futuro.

4.2.4.2 Tipos de Desperdícios

Existem diversas ferramentas que têm sido utilizadas para se conseguir identificar e eliminar as fontes de desperdícios e de ineficiências do processo: *Kaizen* (IMAI, 1992), *Set-up* Rápido (SHINGO, 1985), Seis Sigma (PYZDEK, 2003), VSM (HINES e RICH, 1997) e Cinco Ss (WARWOOD e KNOWLES, 2004).

Em qualquer trabalho de melhoria de rendimento da produção, a primeira coisa que deve ser feita é entender quais são os desperdícios encontrados na cadeia de produção e foi Taiichi Ohno em 1988 (OHNO, 1997, p. 39) que propôs identificar e combater os chamados “Sete desperdícios” conforme seguem:

1. Superprodução – Ocorre quando a operação continua depois do ponto que deveria ter cessado. Isto resulta em um excesso de produtos, produtos sendo feitos antecipadamente e estoques aumentados.
2. Espera – Algumas vezes chamado de fila, ocorre quando há períodos de inatividade em um processo posterior devido a um processo anterior não ter sido finalizado a tempo. Algumas vezes esses processos inativos são utilizados para atividades que não agregam valor ou que resultam em produção em excesso.
3. Transporte – Movimentos humanos ou de materiais desnecessários, tais como “materiais em processo” sendo transportados de uma operação para outra. Em geral, essas movimentações têm que ser minimizados, pois aumentam o tempo de processamento e não adicionam valor, além dos danos que o manuseio pode provocar.

¹⁸ Value Stream Mapping

4. Processamento Extra – Operações extras, tais como retrabalho, reproprocessamento, manuseio e armazenamento podem ocorrer devido a defeitos, superprodução ou excesso de estoque.
5. Estoque – Todo estoque que não é diretamente necessário para preencher ordens atuais de consumidores. Esse estoque inclui desde matéria-prima, material em produção e produtos acabados. Todo estoque requer manuseio adicional e espaço. Sua presença também pode significar aumento no processamento extra.
6. Movimentos – Referem-se às etapas extras feitas pelos operadores ou máquinas para acomodar *lay-out* ineficientes, defeitos, reproprocessamento, superprodução e estoque excessivo. Movimentos levam tempo e não adicionam valor ao produto ou serviço.
7. Defeitos – Produtos acabados ou serviços que estão fora da especificação ou das expectativas dos consumidores, causando, desse modo, insatisfação dos consumidores.

Posteriormente, Womack e Jones (1996) propuseram que se passasse a considerar um oitavo desperdício, definindo-o como:

8. Criatividade dos Funcionários - Sub-utilização dos recursos humanos, a falta de comunicação e difusão de suas ideias e criatividade que poderiam contribuir para melhorar as práticas e os processos.

Essa inclusão foi endossada também por Liker (2005) e Dennis (2008), na medida em que a participação dos funcionários foi ganhando cada vez mais importância para a garantia do sucesso de qualquer nova mudança. Além disso, essa participação faz parte da incorporação do “pensamento enxuto” na cultura da empresa e é base para a melhoria contínua. A abordagem de eficiência de processos por meio da identificação dos desperdícios foi se tornando cada vez mais popular. Novas categorias de desperdícios surgiram na literatura, resultado da adaptação do pensamento enxuto aos mais diferentes tipos de produção ou serviços.

4.2.5 SELEÇÃO DA ESTRATÉGIA PARA A EXCELÊNCIA OPERACIONAL

O objetivo central de uma empresa é produzir riquezas e continuar a crescer. Para enfrentar a concorrência e atender o mercado, as empresas têm que buscar

continuamente a EO. No presente trabalho, é apresentada a necessidade que as empresas devem ter com a preocupação ambiental, sem contudo deixarem de perseguir seus objetivos principais de sobrevivência e geração de riquezas.

Para o desenvolvimento do presente trabalho foi necessário selecionar uma das estratégias apresentadas nas Seções 4.2.1 a 4.2.4 como um objeto de estudo a ser focado na pesquisa de campo.

A estratégia de buscar a EO através do atendimento à legislação ambiental (Seção 4.2.1) é importante na medida em que reduz os níveis de poluição, mas não necessariamente implica na redução do consumo de recursos naturais e tampouco garante uma evolução do rendimento ambiental da empresa.

A estratégia de buscar a EO através de certificações eletivas (Seção 4.2.2) é importante para as empresas pois tais certificações são percebidas no mercado como uma evidência de garantia de que seus processos seguem um padrão determinado de qualidade, mas não necessariamente implica em reduções de poluição ou de consumo de recursos naturais. Está ligada à eficiência e garantia de processos e tem a virtude de proporcionar uma evolução do rendimento produtivo da empresa, mas não necessariamente o rendimento ambiental.

A estratégia de buscar a EO através de modelos de gestão da qualidade (Seção 4.2.3), da mesma forma que a estratégia anterior, não necessariamente proporciona um aumento do rendimento ambiental da empresa, apesar de servir para aprimorar os processos da empresa, o que promove a inserção de seus produtos no mercado.

Já a estratégia de se alcançar a EO através da PE (Seção 4.2.4) é aquela que traz consigo importantes conceitos de racionalização na utilização dos recursos naturais, com reduções de desperdícios e também de emissões. Essa observação também foi feita por Bergmiller e McCright (2009), que fizeram um levantamento e concluíram que empresas que ganharam o Prêmio Shingo de EO, utilizando sistemas de PE, foram significativamente mais “verdes” que as outras empresas pesquisadas, que não utilizavam o sistema enxuto ou que não o tinham implementado extensivamente. Essas empresas vencedoras destacaram-se em 25 dos 26 quesitos formulados para caracterização de uma empresa com manufatura verde.

Em outro trabalho, Rothenberg; Pil e Maxwell (2001) estudaram a relação existente entre a PE e os princípios do *green manufacturing*, sob os aspectos de

controle de emissões. Apesar da baixa significância desse tipo de correlação, os autores identificaram a importante influência das práticas de PE na redução do consumo de recursos naturais.

O primeiro artigo acadêmico publicado que discutiu a relação entre os conceitos “lean” e “green”, encontrado nos periódicos indexados na base de dados da *Web of Knowledge*, foi publicado em 1995 (MAYHOOK, 1995). Desde então, foram publicados outros 49 artigos acadêmicos, conforme indica a Figura 18.

Figura 18: Distribuição de artigos acadêmicos encontrados nos periódicos indexados na base de dados *Web of Knowledge* (em NOV/2011), com o tópico “Lean” AND “Green”, agrupados de acordo com o ano de publicação.

A PE é um sistema de produção largamente difundido no campo do gerenciamento de sistemas de produção e carrega consigo uma série de conceitos gerais e filosofias de trabalho que o permitem ser adaptado a uma vasta diversidade de situações. Sua filosofia de produzir somente o necessário e sem desperdícios, voltada a priori para a melhoria da eficiência operacional e redução de custos num cenário de crescente concorrência, também pode ser efetivamente aplicada quando os objetivos forem economia de recursos e eficiência ambiental (KING; LENOX, 2001; ELIAS; MAGALHÃES, 2003).

Há que se considerar, porém, a necessidade de alguma relativização nos objetivos de redução de alguns desperdícios que podem acarretar um efeito ambiental negativo. Essa ressalva foi destacada por King e Lenox (2001); Sawhey et al. (2007); Miller; Pawloski e Standridge (2010) e Yang; Hong e Modi (2011), que discutiram algumas inconsistências. Um dos exemplos levantados nesses estudos foi que a redução do tamanho dos lotes de produção requerida pela PE tem um efeito positivo em termos de racionalização no uso de recursos e uma diminuição de desperdícios

por excesso de estoque. Porém, o aumento das trocas de produção pode resultar num aumento de emissão de compostos orgânicos utilizados nos procedimentos de limpeza mais frequentes dos equipamentos. Desse modo, o processamento em lotes maiores seria ambientalmente mais eficiente, requerendo, porém, uma maior atenção e maior controle sobre os estoques em todas as fases do processo.

De qualquer modo, é natural que a incorporação de novos objetivos na estratégia da empresa pode realmente requerer adaptações nos processos estabelecidos. Resta saber se a incorporação desses novos objetivos, de caráter de proteção ambiental, se estabelece no chão-de fábrica de uma maneira tão intuitiva ou se é preciso dirigir esforços para que isso realmente aconteça. Para isso, devem ser definidos os parâmetros de PE que serão considerados para, ao final, estabelecer-se o estágio de utilização dos princípios de PE pelas indústrias estudadas.

Diante do exposto, o presente trabalho selecionou a estratégia de buscar a EO através da PE como objeto de estudo a ser pesquisado na pesquisa de campo. Para que essa estratégia possa ser estudada é necessário que seja estabelecido um modelo que sirva de referência para estruturação da pesquisa. Na próxima Seção será apresentado o modelo referencial de sistema de P E selecionado.

4.3 MODELO DE SISTEMA DE PRODUÇÃO ENXUTA OBJETO DE ESTUDO

O Pensamento Enxuto tem sido amplamente utilizado em vários tipos de indústrias. Isto é observado nos diversos estudos que investigam a aplicação da “filosofia *lean*” em outros aspectos do negócio, além dos sistemas primários de manufatura, Exemplos disso ficam por conta de pesquisas da implantação do pensamento enxuto no gerenciamento de um sistema de informações (HICKS, 2007), na administração de uma universidade (COMM; MATHAISEL, 2005), no funcionamento de serviços de saúde (PAPADOPOULOS, 2011), no gerenciamento de um parque de safari (JULIEN; TIAHJONO, 2009), nas estratégias comerciais na construção civil (ZIMINA; PASQUIRE, 2011), nas negociações feitas pelo setor público (PEDERSEN; HUNICHE, 2011) ou na melhoria de serviços do setor financeiro

(LONGBOTTOM; HILTON, 2011), em que a eliminação de desperdícios acaba se tornando uma grande fonte de valor para as empresas.

Porém, é preciso adotar um modelo referencial para que seja possível identificar aquelas empresas que aplicam as práticas de PE em seu modo de produção. O modelo mais consagrado de PE é o que caracteriza o Sistema Toyota de Produção e que é ilustrado pela imagem da Casa da Produção Enxuta ou Casa do *Toyota Production System* (TPS), apresentada na Figura 19.

Figura 19: Modelo da “Casa do STP” e do Pensamento Enxuto (LIKER, 2005)

A base do sistema, sua estrutura que garante sua estabilidade está baseada na padronização e organização do trabalho. O objetivo da PE é alcançar o menor custo e o menor tempo de produção, mantendo a qualidade do produto e a segurança e motivação dos funcionários.

Os pilares da “casa” são as diversas práticas que deverão ser adotadas pela empresa para conseguir alcançar os objetivos. Dessa maneira, é possível estabelecer os elementos do modelo que serão verificados nos estudos de caso do presente trabalho para a determinação do grau de aderência às práticas da PE que cada

empresa possui. A descrição dos elementos, extraídos de acordo com as definições encontradas em Liker (2005); Dennis (2008) e Lean Institute Brasil (2003), está resumida no Quadro 12.

Quadro 12: Descrição dos elementos que compõem o modelo “Casa da Produção Enxuta”

Elemento do Modelo da PE	Prática associada
Filosofia do Modelo Toyota	i. Um dos alicerces dessa casa, a “Filosofia do Modelo Toyota” requer a existência, como parte do planejamento estratégico da empresa, da busca da EO com foco no cliente e uma série de objetivos voltados à eficiência pela redução de desperdícios e melhoria contínua. Da estratégia devem constar metas de produtividade, qualidade, custo, tempo de entrega, segurança e meio ambiente e moral (DENNIS, 2008, p. 37-38).
Gerenciamento Visual	ii. A parte do alicerce em que se encontra o “gerenciamento visual” representa uma sistemática de gestão a vista que aplica à todos os processos da planta, com publicação de índices, gráficos de produção e rendimento para o acompanhamento de todos os funcionários, identificação dos setores de trabalho, cada operação, cada material e ferramenta a ser utilizado, áreas disponíveis para circulação e fluxo de entrada e saída. Dessa maneira, procura-se conseguir com que nenhum problema fique oculto, o que facilita sua rápida identificação e tomada de providência (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003, p. 28; LIKER, 2005, p. 154).
	iii. Outra prática que dá sustentação ao modelo são as práticas de “5S”, aplicadas em toda a planta, mas, principalmente, no ambiente de produção. Os cinco itens que compõem o programa são definidos da seguinte forma: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Seiri</i> – Separação (descarte do material inútil) • <i>Seiton</i> – Organização (disposição dos materiais e ferramentas utilizados, cada qual em seu devido lugar) • <i>Seiso</i> – Limpeza (limpeza e higiene do local de trabalho, funcionando também como forma de inspeção de alguma anormalidade) • <i>Seiketsu</i> – Padronização (definição e registro em procedimentos dos parâmetros necessários para o trabalho contínuo de descarte de material inútil, organização dos materiais e ferramentas e limpeza) • <i>Shitsuke</i> - Manutenção do esquema (continuidade e disciplina ao longo do tempo, com incrementos de melhorias constantes) <p>.Liker (2005) coloca essa prática inserida no alicerce do gerenciamento visual, pois a limpeza e a organização ajudam a revelar perdas e problemas que podem se acumular por anos. O objetivo é de se manter um processo contínuo de melhoria do ambiente de trabalho, revelando perdas e problemas que podem se acumular por anos (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003, p. 9; LIKER, 2005, p. 155; DENNIS, 2008, p. 48-55).</p> <p>-</p>

(continua)

Quadro 12: Descrição dos elementos que compõem o modelo “Casa da Produção Enxuta”
(continuação)

Elemento do Modelo da PE	Prática associada
Processos estáveis e padronizados	iv. Outro aspecto importante, que faz parte da base do sistema, é a estabilidade e a padronização dos processos. É necessário que sejam feitos registros, para que sejam permanentemente seguidos e é composto por três elementos: ritmo, sequência de trabalho e estoque em processo. O ritmo, ou tempo <i>takt</i> , é a razão da quantidade de pedido do cliente pelo tempo disponível e revela o atraso ou adiantamento de cada etapa. A sequência de trabalho deve ser clara e exposta de maneira preferencialmente visual. A quantidade de peças em processo deve ser a mínima necessária para que o operador não fique parado na frente da máquina. Este fluxo mínimo e estável de produção permite evitar o excesso de estoque de produtos em processo e revela falhas de processamento que ficam ocultas, “compensadas” por esse estoque intermediário (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003, p. 82; LIKER, 2005, p. 56, 106; DENNIS, 2008, p. 69-71).
	v. Ainda dentro do aspecto da estabilidade e padronização dos processos, é imprescindível que todos os equipamentos estejam à disposição quando forem necessários. Dessa maneira, a manutenção exerce papel fundamental e deve-se exercer um trabalho intensivo para a diminuição das paradas não programadas. Assim, a adoção de um sistema de manutenção eficaz deve passar por três estágios: manutenção corretiva, manutenção preventiva e envolvimento e participação dos operadores com os técnicos nas operações de manutenção (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003, p. 45; LIKER, 2005, p. 52; DENNIS, 2008, p. 56).
Produção nivelada (heijunka)	vi. O último componente do alicerce do modelo é o aspecto da produção nivelada (<i>heijunka</i>), que Dennis (2008) prefere colocar diretamente como parte da prática de <i>just-in-time</i> , ou seja, como parte de um dos pilares do modelo. Relacionado com os sete desperdícios, essa prática visa controlar a sobrecarga de trabalho ou a subutilização de recursos, além de controlar o acúmulo de estoques desnecessários no meio do processo de produção. Nesse caso o objetivo a ser perseguido é a produção de um <i>mix</i> de produtos que resulte em uma sequência de produção que acompanhe as variações da necessidade do cliente em sua exata medida e todas as unidades produzidas em uma etapa sejam imediatamente consumidas na etapa seguinte (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003, p. 31; LIKER, 2005, p. 122-134; DENNIS, 2008, p. 43, 89).

(continua)

Quadro 12: Descrição dos elementos que compõem o modelo “Casa da Produção Enxuta” (continuação)

Elemento do Modelo da PE	Prática associada
Just-in-time (sistema puxado conforme <i>takt time</i>)	vii. Na construção dos pilares do modelo, podem ser encontradas algumas práticas que vão sustentar a PE. Um dos pilares, que praticamente se confunde com o conceito mais amplo de PE, é o <i>Just in Time</i> (JIT). Um dos itens que compõem esse pilar é o planejamento da produção e das entregas com ritmo, ou seja, utilizando o <i>takt time</i> , cujo conceito já foi discutido no item “iv” como parte da padronização e estabilidade dos processos (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003, p. 24, 50; LIKER, 2003, p. 105-113; DENNIS, 2008, p. 79).
	viii. O sistema puxado é muitas vezes realizado pela utilização do sistema <i>kanban</i> , onde cartões de produção, em cada etapa do processo, é que definem a necessidade da fabricação de um novo lote de produção. Dessa forma, a demanda de uma etapa define o início da produção das etapas anteriores àquela, na exata medida da sua reposição (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003, p. 64; LIKER, 2005, p. 43; DENNIS, 2008, p. 101).
Just-in-time (troca rápida)	ix. Em função do planejamento de produção de um <i>mix</i> de produtos seguir a demanda do cliente e da próxima etapa, poderão ser necessárias várias trocas de produtos em cada operação ou cada máquina. Por isso, ferramentas e dispositivos que proporcionem o <i>set-up</i> rápido passam a ser imprescindíveis para a diminuição dos tempos mortos, sem produção, entre as trocas de produtos (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003, p. 69; LIKER, 2005, p. 128; DENNIS, 2008, p. 36).
Just-in-time (fluxo contínuo)	x. Outra prática ligada ao JIT é o “fluxo contínuo”, que organiza a produção fazendo com que a movimentação de peças flua na medida exata de sua utilização, utilizando o tamanho mínimo de lote possível. Utiliza-se para isso de adaptações de <i>lay-out</i> e reorganização do deslocamento de peças e materiais dentro da fábrica (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003, p. 24, 50; LIKER, 2003, p. 105-113; DENNIS, 2008, p. 79).
Just-in-time (logística integrada)	xi. Como última prática associada ao pilar do <i>Just in time</i> , a “logística integrada” corresponde a uma série de ações que facilitem a manutenção de estoques mínimos em cada etapa de produção, sem que haja interrupção de produção por falta de peças. Todos os fornecedores, externos ou internos, devem se adequar para atender a demandas maiores ou menores e, para isso, precisam contar com informações precisas e rápidas. O ritmo de tudo isso será ditado pela demanda do cliente (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003, p.43; LIKER, 2005, p. 43; DENNIS, 2008, p. 89).

(continua)

Quadro 12: Descrição dos elementos que compõem o modelo “Casa da Produção Enxuta” (continuação)

Elemento do Modelo da PE	Prática associada
Autonomiação (paradas automáticas)	xii. O outro importante pilar da estrutura do modelo da PE é a “autonomiação” ou <i>jidoka</i> , onde os problemas se tornam visíveis onde eles ocorrem e lá mesmo são resolvidos. A primeira prática associada é instalar dispositivos de detecção de modo que os processos funcionem de forma contínua, automática, controlando e eliminando os defeitos sem a intervenção humana (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003, p.36; LIKER, 2005, p. 136; DENNIS, 2008, p. 95).
Autonomiação (poka-yoke)	xiii. A intensiva participação da inteligência humana no desenvolvimento contínuo de técnicas de solução de problemas faz-se necessária para a criação de dispositivos e ferramentas, utilizando técnicas de <i>poka-yoke</i> . Essa técnica permite que as peças sejam produzidas sem a possibilidade de ocorrerem novas falhas pelo mesmo motivo, retirando do operador a possibilidade de montar a peça errada, por exemplo (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003, p.36; LIKER, 2005, p. 136; DENNIS, 2008, p. 95).
Autonomiação (andon)	xiv. Na medida em que ocorrerem problemas, eles têm que ser sinalizados imediatamente, com sinais luminosos (<i>andon</i>) ou quadros de avisos do andamento da produção, tanto para conhecimento da gerência quanto para a rápida intervenção e solução dos problemas pelos responsáveis. É parte, também, do alicerce do gerenciamento visual (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003, p.4; LIKER, 2005, p. 137, 157-159; DENNIS, 2008, p. 115).
Autonomiação (separação pessoa-máquina)	xv. Para um melhor controle dos processos e rápida detecção de problemas e oportunidades, o ideal é a separação dos processos humanos dos processos mecânicos, uma vez que os procedimentos de controle são diferentes. Devem ser feitos controles e inspeções em cada setor, em cada operação, de modo a diminuir a quantidade de peças fabricadas com defeito e resolvendo logo o problema, sem passar peças com defeito para a etapa seguinte (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003, p.36; LIKER, 2005, p. 140; DENNIS, 2008, p. 113).
Autonomiação (solução na origem dos problemas)	xvi. Assim que problemas forem detectados, a verificação deverá ser pessoal e no local da ocorrência, sob uma sistemática de apuração dos “5 Por ques”, ou equivalente, da ocorrência do problema (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003, p.8; LIKER, 2005, p. 139-142; DENNIS, 2008, p. 114).

(continua)

Quadro 12: Descrição dos elementos que compõem o modelo “Casa da Produção Enxuta” **(conclusão)**

Elemento do Modelo da PE	Prática associada
Autonomia (controle de qualidade no setor)	xvii. O controle da qualidade da produção deve ser descentralizado para ser mais eficiente e de atuação mais rápida, detectando os problemas na origem. Por esta razão, também, é que quanto mais próximo do fluxo unitário estiver organizada a produção, mais eficiente a ação e menor número de peças rejeitadas (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003, p.8; LIKER, 2005, p. 139-142; DENNIS, 2008, p. 114).
Melhoria contínua (redução de perdas)	xviii. No “centro da casa” estão colocados todos os mecanismos relacionados ao <i>kaizen</i> . A melhoria contínua é desenvolvida com estímulos à participação de todos os funcionários em pelo menos algumas das práticas desenvolvidas, sempre com foco principal na redução de desperdícios. Grupos formados para atividades de 5S e comitês de solução de problemas devem contar com autoridade para implantação da solução (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003, p.38; LIKER, 2005, p. 44; DENNIS, 2008, p. 78).
Melhoria contínua (pessoas e equipe de trabalho)	xix. A cultura da melhoria contínua se consolida com a aplicação do pensamento enxuto desde a seleção da equipe de trabalho, com estímulos à participação dos funcionários em treinamentos constantes, com distribuição de tarefas, atribuição de responsabilidades para grupos de trabalhos e reconhecimento por resultados alcançados em relação a metas de redução de desperdícios e aumento de produtividade, definidas de comum acordo. (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003, p.38; LIKER, 2005, p. 44; DENNIS, 2008, p. 78).

5 ANÁLISE COMPARATIVA DOS MODELOS DE PRODUÇÃO COM PREOCUPAÇÃO AMBIENTAL

Entre os modelos de produção com preocupação ambiental encontrados na literatura, podem ser identificadas muitas semelhanças. Todavia, existem alguns atributos específicos que justificam a adoção de um determinado modelo, em detrimento de outro, dependendo do enfoque dado à pesquisa. A partir da descrição dos modelos, pode-se estabelecer uma diferenciação entre eles quanto à importância que expressam em termos de desenvolvimento industrial e à utilização racional dos recursos disponíveis. Dessa forma, pode ser construído um quadro comparativo a partir dos elementos essenciais que compõem cada um deles.

A análise do conjunto dos modelos de produção considerados neste trabalho revela que, de modo geral, suas propostas e prescrições com relação ao projeto e operação de sistemas de produção sustentáveis, compartilham a mesma estrutura, com três componentes principais, apresentados na Figura 20.

Figura 20: O domínio do planejamento de produção e a estrutura dos modelos de produção com preocupação ambiental

Para os cinco modelos considerados nas seções anteriores (seções 4.1.1 a 4.1.5), a Tabela 1 aponta sua origem, ano de criação e diretrizes básicas. Essa tabela

mostra que a evolução dos modelos de produção com preocupação ambiental iniciou com a ideia de mitigação dos problemas de poluição ambiental decorrentes dos processos produtivos e evoluiu para a busca de técnicas de produção que utilizem menos recursos naturais e substâncias tóxicas. Contudo, o avanço de tais ações tem sido muito lento e nota-se que, mais recentemente, houve uma evolução para acrescentar diretrizes que visam provocar mudanças nos padrões de consumo da sociedade, para que esta passe a atuar de forma mais proativa, como indutora da produção sustentável.

Tabela 1: Evolução dos modelos de produção com preocupação ambiental

Modelo	TECNOLOGIA DE FIM-DE-TUBO (EOP)	PRODUÇÃO MAIS LIMPA (P+L)	MANUFATURA VERDE (GM)	PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL (PS)	PRODUÇÃO E CONSUMO SUSTENTÁVEIS (PCS)
Origem / Proponente	Desenvolvedores de ferramentas convencionais de controle de poluição	UNIDO – UNEP	US-EPA	University Lowell Massachusetts	UNEP – Conferência de Johannesburgo 2002 – Processo de Marrakech
Ano de proposição	1977	1991	1994/95	1995/96	1996/2002
Foco / Ênfase	Mitigar os efeitos dos rejeitos do processo de produção no meio ambiente	Estratégia integrada de proteção ambiental para aumentar a eficiência dos processos de produção e reduzir os danos à humanidade e ao meio ambiente	Cultura de proteção ambiental criada para orientar a participação da alta gerência e dos trabalhadores na redução de custos e desperdícios e na P+L	Processo de produção não poluente, eficiente energeticamente, seguro para os trabalhadores e em sintonia com as expectativas da sociedade	Promover padrões de produção sustentável em conjunto com o desenvolvimento econômico e social

Fonte: MANZAN; MIYAKE (2012), (2013)

Em face da diversidade de abordagens, o gestor responsável pela produção deverá ponderar o conjunto de características de cada um dos modelos e confrontá-los com as características de seu próprio processo de produção, com as singularidades da sua planta e, principalmente, com os objetivos estratégicos de sua empresa. A organização desse conhecimento é o primeiro objetivo a ser alcançado pelo presente trabalho. Como destacado na Figura 3, o Objetivo 1 será alcançado

nesta Seção, com a elaboração dos quadros comparativos das características entre os cinco modelos de produção com preocupação ambiental, apresentados nas Tabelas 2, 3 e 4.

Tal como ilustrado na parte superior da Figura 20, esses modelos de produção propõem o desenvolvimento de sistemas industriais que viabilizem a produção conforme padrões de mínimo impacto ambiental. Para alcançar esses objetivos, estabelecem um conjunto de princípios e conceitos fundamentais para balizar as decisões e ações de planejamento, projeto e desenvolvimento de novos sistemas industriais ou de modernização dos sistemas já em operação. Baseados nestes fundamentos, os modelos de produção com preocupação ambiental advogam a adoção de outros dois componentes: a produção de produtos e o uso de processos que tenham sido projetados (ou que possam ser adaptados) para causar o menor impacto ambiental possível, além da adoção de práticas de gerenciamento e mecanismos de racionalização das operações de produção.

A Tabela 2 apresenta uma descrição mais detalhada dos elementos que constituem os princípios e conceitos fundamentais de cada modelo. Todos os modelos considerados têm como principal objetivo a melhoria do desempenho ambiental da empresa e, com exceção da EOP, revelam uma profunda preocupação em dar suporte às indústrias em alcançar seus objetivos de redução de custos de produção e a viabilidade a longo prazo do negócio, tanto em termos econômicos quanto dos aspectos ambientais. Todavia, apenas dois dos modelos considerados – GM e PCS – destacam explicitamente a necessidade de incluir a preocupação ambiental nos planos estratégicos da empresa.

Tanto a GM quanto a EOP não enfatizam problemas como melhorias no ambiente industrial e da saúde e segurança dos trabalhadores. Esses modelos são mais inclinados a tratar dos problemas relacionados ao controle de poluição que as atividades industriais causam sobre o meio ambiente externo. Além disso, esses dois modelos não apresentam princípios capazes de melhorar o controle sobre a cadeia de suprimentos, questionar o papel da responsabilidade social da empresa e promover mudanças nos padrões de consumo. De fato, esses dois últimos aspectos não são enfatizados pelos modelos mais antigos de produção com preocupação ambiental, pois estes se concentravam mais nas medidas de controle e nas mudanças

tecnológicas necessárias para atingir os objetivos de redução de poluição, dentro do contexto da própria fábrica.

Tabela 2: Princípios e conceitos fundamentais dos modelos de produção com preocupação ambiental

<u>Modelos</u>	TECNOLOGIA DE FIM-DE-TUBO	PRODUÇÃO MAIS LIMPA	MANUFATURA VERDE	PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL	PRODUÇÃO E CONSUMO SUSTENTÁVEIS
Aumento do desempenho ambiental	✓	✓	✓	✓	✓
Redução dos custos de produção		✓	✓	✓	✓
Viabilidade de longo prazo da empresa		✓	✓	✓	✓
Questões ambientais fazendo parte da estratégia da empresa			✓		✓
Recompensa à criatividade dos trabalhadores				✓	
Promoção da saúde e segurança dos trabalhadores		✓		✓	
Interações econômicas, sociais e culturais com a comunidade				✓	✓
Relacionamento corporativo com a cadeia de suprimentos				✓	✓
Mudança dos hábitos de consumo					✓

Fonte: MANZAN; MIYAKE (2012), (2013)

As iniciativas de preservação ambiental envolvendo agentes externos à planta ou à própria empresa foram somente compreendidas mais recentemente com o advento dos modelos de PS e de PCS, com a motivação de alcançar resultados mais eficazes e duradouros. Dentre essas ações, Unnikrischnan e Hedge (2007) destacaram uma presença grande de treinamentos, tanto de caráter técnico quanto de formação de uma consciência ambiental dos funcionários envolvidos na execução das tarefas de produção.

Elementos relacionados ao projeto de produto e de processos de manufatura, propostos pelos modelos, são apresentados na Tabela 3. Pode ser notada uma clara diferença no foco da PS e da GM. Enquanto a primeira enfatiza a necessidade de uma nova orientação de projeto de produtos e embalagens que levem em conta as questões de sustentabilidade, a segunda é focada em ações direcionadas à mudanças nos processos de manufatura de modo a assegurar a eficiência econômica e ambiental da indústria.

Tabela 3: Elementos relacionados ao projeto de produtos e de processos de fabricação, propostos pelos modelos de produção com preocupação ambiental

Modelos	TECNOLOGIA DE FIM-DE-TUBO	PRODUÇÃO MAIS LIMPA	MANUFATURA VERDE	PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL	PRODUÇÃO E CONSUMO SUSTENTÁVEIS
Mudanças de produtos		✓		✓	
Mudanças de embalagem		✓		✓	✓
Aumento da mecanização			✓		
Mudanças no equipamento		✓	✓		✓
Mudanças de processo		✓	✓		✓

Fonte: MANZAN; MIYAKE (2012), (2013)

Os modelos de P+L e PCS apresentam-se como sendo mais abrangentes e buscam seus resultados tanto através do projeto de produtos e embalagens quanto da melhoria dos processos e utilização de recursos. Por outro lado, as EOP não contemplam nenhum elemento de projeto de produtos e processos. A preocupação que existe em relação aos efeitos que possam ocorrer fora do ambiente da fábrica está ligada somente à mitigação dos problemas ambientais causados pelos rejeitos do processo produtivo.

Finalmente, a Tabela 4 compara os modelos de produção em termos das práticas de gerenciamento e técnicas de racionalização no uso dos recursos que eles propõem para reduzir o impacto ambiental. Dessa maneira, soluções de EOP são essencialmente utilizadas nos casos de controle de poluição e atingimento de metas determinadas pela regulamentação governamental, implicando, normalmente, na implantação de medidas corretivas e tecnologicamente mais sofisticadas. A sua

adoção é altamente dependente de ações governamentais, sejam elas punitivas ou de incentivo. Entre os modelos considerados, é o único que não inclui ações de revisão de processos nos seus estágios iniciais e adoção de práticas mais atuais de gerenciamento de operações.

Tabela 4: Práticas de gerenciamento e mecanismos de racionalização de produção propostos pelos modelos de produção com preocupação ambiental

<u>Modelos</u>	TECNOLOGIA DE FIM-DE-TUBO	PRODUÇÃO MAIS LIMPA	MANUFATURA VERDE	PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL	PRODUÇÃO E CONSUMO SUSTENTÁVEIS
Mitigação dos efeitos da poluição	✓				
Atendimento aos padrões regulamentares mínimos	✓		✓		✓
Busca de subsídios de programas governamentais	✓		✓		✓
Desenvolvimento de novas tecnologias de produto e processos	✓	✓			✓
Gerenciamento de produção orientado à racionalização		✓	✓	✓	✓
Treinamento contínuo dos trabalhadores		✓	✓	✓	✓
Economia de energia		✓	✓	✓	✓
Economia de matéria-prima		✓	✓	✓	✓
Recuperação e reuso na planta		✓			
Produção de subprodutos úteis		✓			
Eliminação de produtos nocivos		✓		✓	✓
Controle de processos		✓	✓		✓
Mudanças para tornar o local de trabalho mais limpo e mais saudável		✓		✓	
Processo contínuo de produção			✓		

Fonte: MANZAN; MIYAKE (2012), (2013)

Algumas outras omissões são encontradas nos outros modelos apresentados. O modelo da GM, por exemplo, tem o foco na eficiência do processo de produção, mas não leva em conta uma avaliação de qual produto ou subproduto está sendo produzido ou qual tipo de matéria-prima está sendo utilizada, de modo a minimizar o impacto ambiental que esses materiais possam causar.

A partir dessa discussão dos componentes dos modelos de produção com preocupação ambiental apresentados, é possível ao gestor da produção de uma empresa interessada em incorporar esses princípios, escolher o modelo que melhor se adapta à sua empresa. É necessário considerar não apenas os aspectos físicos das instalações, mas também o mercado onde a empresa se insere, as demandas a que é submetida e a influência que ela pode exercer numa mudança de hábitos de consumo ou no estímulo à participação de sua cadeia de fornecedores.

6 ESTUDO DE CASOS

O segundo objetivo buscado pelo presente trabalho, conforme destacado na estrutura da Figura 3, é desenvolver diretrizes para que as empresas que ainda se encontram estagnadas em relação aos objetivos de produção ambientalmente sustentável possam mobilizar-se de forma mais simples e rápida.

Essas diretrizes serão definidas a partir da relação entre os dois modelos de produção desenvolvidos no Capítulo 4: o modelo da PE, que visa o aumento da produtividade e é muito difundido e o modelo de produção com preocupação ambiental que será selecionado na próxima seção, a partir da análise dos quadros comparativos apresentados no Capítulo 5.

Para verificar essa relação será utilizado o método do estudo de casos múltiplos, aplicando um protocolo de pesquisa em 10 empresas do ramo de fundição, conforme já detalhado no Capítulo 3.

6.1 SELEÇÃO DO MODELO DE PRODUÇÃO COM PREOCUPAÇÃO AMBIENTAL OBJETO DE ESTUDO

A seleção de um modelo por uma empresa dependerá das características de sua produção e da sua estratégia de atuação. Para desenvolver a pesquisa de campo, a seleção feita pelo presente trabalho limitou-se a considerar as características ligadas mais diretamente ao processo de produção, uma vez que as estratégias das empresas podem variar em função do mercado consumidor e da sua posição frente à concorrência (MANZAN; MIYAKE, 2013).

Como mostrado na Figura 3, o trabalho foi estruturado com dois objetivos e o Objetivo 2 é buscar a relação existente entre as práticas de um modelo de produção bastante difundido (o modelo da PE) com um modelo selecionado de produção com preocupação ambiental, para que essas ferramentas auxiliem a empresa a alcançar uma melhoria em seu rendimento ambiental de uma maneira mais simples e rápida.

Em geral, os cinco modelos analisados nesse trabalho propõem a aplicação de uma combinação de técnicas e conceitos concebidos para alavancar o

desenvolvimento de uma produção industrial sustentável. Outros modelos menos abrangentes relacionados à promoção da sustentabilidade podem ser encontrados na literatura. Embora aparentemente conflitantes ou contraditórios, devem ser encarados como complementares e podem também ser aplicados em determinadas situações ou contextos (ROBÈRT et al., 2002).

Modelos tais como: *The Natural Step Framework (TNSF)*, *Factor 10, Ecological Footprint*, *Natural Capitalism*, *Sustainable Technology Development (STD)* e *Zero Emission* levam em consideração a técnica de Análise do Ciclo de Vida (ACV ou LCA¹⁹) de cada produto ou serviço e estabelecem prioridades e modos de abordagem para a resolução dos problemas. Essa técnica (ACV) também foi objeto de um trabalho de Durham (2002), onde o Autor destacava que a análise global das condições causa-e-efeito proporcionadas por esse tipo de análise seria a forma mais racional de se obter resultados ambientais mais significativos. Da mesma maneira pode-se encontrar esse modo de atuação no modelo da P+L.

Ainda, de acordo com Robèrt et al. (2002), se uma empresa tiver um sistema de gerenciamento ambiental, como o ISO 14001, por exemplo, as ferramentas e conceitos propostos por esses modelos poderiam ser selecionadas e aplicadas sob uma perspectiva sistêmica mais abrangente, com um objetivo final lógico de alcançar um melhor resultado de desempenho ambiental.

Por outro lado, a falta de organização ou a ausência de um sistema gerenciamento ambiental tende a resultar em ações isoladas e pouco efetivas. O exemplo do tratamento de água (HILLARY; THORSEN, 1999) que despeja uma quantidade grande de lodo em aterros sanitários apenas muda o lugar do problema, não o resolvendo definitivamente.

A adoção de um sistema de gerenciamento ambiental que introduza a abordagem de seleção e implementação de ações ecologicamente sustentáveis, baseadas em uma análise do ciclo de vida do produto, poderia evitar medidas de alcance limitado e soluções incompletas. Dessa maneira, a utilização de um modelo por uma empresa não esgota necessariamente os recursos disponíveis, podendo ser

¹⁹ Life Cycle Analysis

adaptados para combater os problemas ambientais gerados pelo processo de produção.

Em função do ramo industrial escolhido, que são as indústrias de fundição, a atividade a ser estudada é puramente de manufatura, com mercado consumidor sendo formado por outras empresas industriais.

Dessa forma, os modelos que incluem ações junto ao consumidor final (PS e PCS), não são os mais indicados. Os outros modelos (EOP, P+L e GM) concentram-se mais nas operações industriais e, no caso do presente estudo, terão uma melhor aplicabilidade.

A análise do número de requisitos atendidos pelos três modelos mostra que aquele que atende a um maior número deles é o modelo da P+L, sendo, portanto, o mais abrangente.

Na somatória das Tabelas 2, 3 e 4, o modelo EOP é o mais limitado, atendendo a apenas 5 requisitos. O modelo da GM atende a 15 requisitos, enquanto que o modelo da P+L atende a 18 dos requisitos apresentados.

O atendimento a um maior número de requisitos é um fator importante, uma vez que as exigências sobre as empresas têm sido cada vez maiores e mais abrangentes, tanto por parte dos *stakeholders* internos ou externos à organização.

6.2 PLANEJAMENTO DO ESTUDO DE CASOS

O Roteiro de Pesquisa apresentado na Seção 3.1, está estruturado em três partes. A parte “a” está detalhada na Seção 6.3, com a apresentação dos casos estudados. As partes “b” e “c” compreendem a coleta de dados que será feita de acordo com um Protocolo de Pesquisas, detalhado no Apêndice 1.

A coleta de dados exige a elaboração de quesitos relacionados aos modelos selecionados como objeto dessa pesquisa. Em relação às práticas da PE (parte “b” do Roteiro), os quesitos foram elaborados de acordo com a descrição feita na Seção 6.2.1.

Em relação aos princípios da P+L (parte “c” do Roteiro), os quesitos foram elaborados de acordo com a descrição feita na Seção 5.3. Os instrumentos de coleta de dados propriamente ditos podem ser encontrados nos Apêndices 2 e 3.

6.2.1 QUESITOS PARA O ROTEIRO DE ENTREVISTA ELABORADO COM BASE NO MODELO DA PRODUÇÃO ENXUTA

A partir do modelo apresentado na seção anterior (Figura 19), foi elaborado um roteiro de entrevista (Apêndice 2), composto por 19 quesitos que contemplam de forma abrangente os diversos elementos deste modelo conforme indicado na Figura 21, para verificar a aderência de cada empresa pesquisada às práticas da PE.

Figura 21: Distribuição dos quesitos sobre a PE do roteiro de entrevista no modelo referencial da PE

O Quadro 13 aponta a correspondência que existe entre cada quesito formulado e uma prática (itens “i” a “xix”) associada aos elementos do modelo da PE, tal como descritas no Quadro 12.

Quadro 13: Relação dos quesitos do roteiro de entrevista com as práticas associadas ao modelo da PE

Quesito	Descrição	Prática associada
LP01	Filosofia do modelo da PE	Item i
LP02	Gerenciamento visual	Item ii
LP03	Gerenciamento visual (5S)	Item iii
LP04	Processos estáveis e padronizados (sequência)	Item iv
LP05	Processos estáveis e padronizados (planejamento conforme o ritmo da demanda)	Item iv
LP06	Processos estáveis e padronizados (manutenção)	Item v
LP07	Produção nivelada (<i>heijunka</i>)	Item vi
LP08	<i>Just-in-Time</i> (sistema puxado conforme <i>takt time</i>)	Itens vii e viii
LP09	<i>Just-in-Time</i> (troca rápida)	Item ix
LP10	<i>Just-in-Time</i> (fluxo contínuo)	Item x
LP11	<i>Just-in-Time</i> (logística integrada)	Item xi
LP12	Autonomação (paradas automáticas e <i>poka-yoke</i>)	Itens xii e xiii
LP13	Autonomação (<i>andon</i>)	Item xiv
LP14	Autonomação (solução na origem dos problemas)	Item xvi
LP15	Autonomação (controle de qualidade no setor)	Item xvii
LP16	Melhoria Contínua (redução de perdas - grupos de trabalho de <i>kaizen</i>)	Item xviii
LP17	Melhoria Contínua (redução de perdas – autoridade para implantação das soluções)	Item xviii
LP18	Melhoria Contínua (pessoas e equipe de trabalho – direcionamento por metas de redução de desperdício e aumento de produtividade)	Item xix
LP19	Melhoria Contínua (pessoas e equipe de trabalho – reconhecimento do atingimento de metas)	Item xix

Os quesitos do roteiro de entrevista foram formulados de forma a incluir todas as práticas do modelo. O item “xv”, que diz respeito à separação homem/máquina dos processos de produção, não foi pesquisado devido ao fato que a grande maioria das indústrias de fundição não utiliza processos mecanizados, de produção automática

sem intervenção humana. O que prevalece são as fundições em moldes de areia, com execução manual ou com auxílio de manipuladores de carga.

6.2.2 QUESITOS PARA O ROTEIRO DE ENTREVISTA ELABORADO COM BASE NO MODELO DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA

O modelo de produção com preocupação ambiental selecionado para este trabalho é o da P+L, conforme exposto na Seção 6.1, seguindo a definição dada pela UNEP e apresentada na seção 4.1.2. Para a avaliação da aderência da empresa aos oito princípios da P+L, foram elencadas 14 práticas ligadas a eles, na forma apresentada no Quadro 14, desdobradas a partir das definições do Quadro 5.

Quadro 14: Relação dos quesitos do roteiro de entrevista com os princípios e práticas associadas ao modelo da P+L.

quesito do roteiro de entrevista		princípio	prática associada
CP01	Ambiente trabalho saudável e seguro	PL 1	Item 1
CP02	Manutenção preventiva segundo princípios de P+L	PL 1	Item 3
CP03	Substituição de matéria-prima	PL 2	Item 4
CP04	Reciclagem de matéria-prima	PL 2	Item 6
CP05	Controle de consumo de matéria-prima e energia	PL 3	Item 7
CP06	Alteração do processo para redução do consumo de matéria-prima	PL 3	Item 8
CP07	Utilização do equipamento mais eficiente	PL 4	Item 11
CP08	Aplicação da tecnologia mais moderna	PL 5	Item 12
CP09	Cadeia de suprimentos que aplicam P+L	PL 5	Item 14
CP10	Aproveitamento de resíduos na planta	PL 6	Item 15
CP11	Produção de subprodutos recicláveis	PL 7	Item 18
CP12	Processo p/ reutilização de subprodutos	PL 7	Item 19
CP13	Incentivo a fornecedores para aplicar a P+L	PL 8	Item 21
CP14	Projeto de produtos segundo princípios da P+L	PL 8	Item 23

Estas práticas foram escolhidas de um total de vinte e três itens exemplificados no Quadro 5, em função da sua representatividade em relação aos princípios avaliados e em relação à sua aplicabilidade para a amostra de indústrias selecionadas para a pesquisa. Estes quatorze quesitos foram inseridos no roteiro de entrevista apresentado no Apêndice 3 a ser aplicado na avaliação da aderência de cada empresa pesquisada aos princípios do modelo referencial da P+L e a forma como eles estão relacionados com os oito princípios da P+L é apresentada na Figura 22,

Figura 22: Distribuição dos quesitos sobre a P+L do roteiro de entrevista no modelo referencial da P+L

6.3 DESCRIÇÃO DOS CASOS

Todas as 10 empresas de fundição da amostra pesquisada estão localizadas no Estado de São Paulo. Nove delas são indústrias que produzem peças fundidas em ferro ou metais não ferrosos, utilizando tanto moldes em areia e fundição convencional quanto moldes metálicos e fundição sob pressão. Uma delas produz metal em lingotes

para serem refundidos. Em relação à forma de aplicação do modelo de PE, somente 2 adotam-no formalmente de forma sistêmica.

As fundições pesquisadas são referidas pelo código Fi (sendo i o número associado à empresa na amostra) e a seguir é apresentada uma descrição das mesmas.

[F1]- Fundição predominantemente de ferro fundido nodular e cinzento, que utiliza fornos de fusão com aquecimento a óleo e gás, vazamento por gravidade e moldes em areia com resina. Fabrica peças de 1 a 500kg, produção de 1.200 t/ano e faturamento anual de R\$ 10.000.000,00, fornecendo para a indústria de bens de capital, automobilística, válvulas e bombas. Empresa nacional, instalada em Piracicaba-SP desde 1976, contando com cerca de 50 funcionários, não possuindo certificação do SGQ nem do SGA. A empresa não adota formalmente a PE de forma sistêmica.

[F2]- Fundição predominantemente de aço inox, que utiliza fornos de fusão com aquecimento por indução, vazamento por gravidade e moldes em areia com resina. Fabrica peças de 1 a 3.000kg, com produção anual de 1.200 t/ano, faturamento de R\$45.000.00,00, fornecendo para a indústria siderúrgica, mineradora e de tratamento térmico. Empresa nacional, instalada em Itaquaquecetuba-SP desde 1996, contando com cerca de 150 funcionários e possui SGQ com certificação ISO 9001. A empresa não adota formalmente a PE de forma sistêmica.

[F3]- Fundição predominantemente de ferro fundido nodular e cinzento, que utiliza fornos de fusão com aquecimento por indução, vazamento por gravidade e moldes em areia com resina. Fabrica peças de 1 a 1.000kg, com produção anual de 2.000 t/ano, faturamento não divulgado, fornecendo para a indústria automobilística. Empresa nacional, instalada em Itaquaquecetuba-SP desde 1968, contando com cerca de 90 funcionários e SGQ com certificação ISO 9001. A empresa não adota formalmente a PE de forma sistêmica.

- [F4]- Fundição predominantemente de aço inox, que utiliza fornos de fusão com aquecimento por indução, vazamento por gravidade e moldes em areia com resina. Fabrica peças de 1 a 1.500kg, com produção de 18.000 t/ano, faturamento não divulgado, fornecendo para a indústria siderúrgica, petroquímica, mineradora e de válvulas. Empresa nacional, instalada em São Carlos-SP desde 1976, contando com cerca de 250 funcionários e SGQ com certificação ISO 9001. A empresa não adota formalmente a PE de forma sistêmica.
- [F5]- Fundição predominantemente de ferro fundido cinzento e nodular, que utiliza fornos de fusão com aquecimento por indução, vazamento por gravidade e moldes em areia com resina. Fabrica peças de 100 a 10.000kg, com produção de 7.200 t/ano, faturamento não divulgado, fornecendo para a indústria de fabricação de máquinas pesadas, estamparia, ferramentaria, siderúrgica e mineradora. Empresa nacional, instalada em Itapevi-SP desde 1988, contando com cerca de 80 funcionários e SGQ com certificação ISO 9001. A empresa não adota formalmente a PE de forma sistêmica.
- [F6]- Fundição predominantemente de aço inox e aço carbono, que utiliza fornos de fusão com aquecimento por indução, vazamento por gravidade e moldes em areia com resina. Fabrica peças de 1 a 300kg, com produção de 2.000 t/ano, faturamento anual de R\$ 10.000.000,00 fornecendo para a indústria de válvulas e bombas. Empresa nacional, instalada em São Carlos-SP desde 1997, contando com cerca de 45 funcionários e SGQ com certificação ISO 9001. A empresa não adota formalmente a PE de forma sistêmica.
- [F7]- Fundição predominantemente de ferro fundido, que utiliza fornos de fusão com aquecimento por indução e por eletrodos, vazamento por gravidade e moldes em areia com resina. Fabrica peças de 1.000 a 30.000kg, com produção de 38.000 t/ano, faturamento não divulgado, fornecendo para a agroindústria, indústria de fabricação de máquinas pesadas e de geração de energia, siderúrgica e mineradora. Empresa nacional, instalada em Piracicaba-SP desde 1920, contando com cerca de 250 funcionários e

SGQ com certificação ISO 9001, além de SGA com certificação ISO 14001. A empresa não adota formalmente a PE de forma sistêmica.

[F8]- Fundição predominantemente de alumínio em lingotes, que utiliza fornos de fusão com aquecimento por indução e resistência, vazamento por gravidade e moldes metálicos. Faz parte de uma usina integrada de produção de alumínio primário, cujo setor de fundição fabrica lingotes para refusão de 50 a 500kg, com produção de 600.000 t/ano, faturamento não divulgado, fornecendo para a indústria de fundição de peças em alumínio e suas ligas. Empresa nacional, instalada em Alumínio-SP desde 1941, contando com cerca de 250 funcionários no setor de fundição e possui SGQ com certificação ISO 9001, além de SGA com certificação ISO 14001. A empresa não adota formalmente a PE de forma sistêmica, apesar de haver grande controle de desperdícios, tanto de materiais quanto de tempos de fabricação.

[F9]- Fundição predominantemente de alumínio, que utiliza máquinas de fusão com fornos de aquecimento por resistência e que recebe a liga de alumínio já fundida (em estado líquido, portanto) de um fornecedor externo. O vazamento é feito sob pressão em máquinas injetoras, utilizando moldes metálicos. Fabrica peças de 0,3 a 20kg, com produção de 1.700 t/ano, faturamento não divulgado, fornecendo bombas de água e óleo para a indústria automobilística. Empresa multinacional, instalada em Nova Odessa-SP desde 2006, contando com cerca de 60 funcionários e possui SGQ com certificação ISO 9001, além de SGA com certificação ISO 14001. A empresa adota formalmente a PE de forma sistêmica.

[F10]- Fundição de alumínio, que utiliza matéria-prima preparada em outra unidade e transforma em barras e peças perfiladas e extrudadas de diversos tamanhos e aplicações. A fusão é feita em forno elétrico e o material é colocado em máquinas de vazamento contínuo, onde as barras já saem no tamanho e formato desejados. A produção é de 18.000 t/ano, faturamento não divulgado, fornecendo peças para a indústria automobilística e construção civil. A empresa faz parte de um grupo multinacional, instalada em Santo André-SP desde 1943, contando com

cerca de 200 funcionários e possui SGQ com certificado ISO 9001 e SGA com certificado ISO 14001. A empresa adota formalmente a PE de forma sistêmica.

O Quadro 15 apresenta de forma consolidada um resumo das principais características das fundições que compõem a amostra pesquisada.

<i>Empresa</i>	<i>Mercado Consumidor</i>	<i>Material</i>	<i>Início de Operações</i>	<i>Localização</i>	<i>Faturamento (10⁶ R\$/ano)</i>	<i>Produção (10³ t/ano)</i>	<i>Número de Funcionários</i>	<i>Processo</i>	<i>Equipamento</i>	<i>Certificação ambiental</i>	<i>Certificação qualidade</i>
F1	Agroindústria Bombas	Fofo ²⁰	1976	Piracicaba	8	1,2	50	Areia	Óleo/Gás	Não	Não
F2	Siderurgia Mineração	Inox	1996	Itaquaquecetuba	45	1,2	150	Areia Centrifugado	Indução	Não	ISO 9001
F3	Automobilística	Fofo	1968	Itaquaquecetuba	nd ²¹	2	90	Areia	Indução	Não	ISO 9001
F4	Petroquímica Siderurgia	Inox	1976	São Carlos	nd	18	250	Areia Centrifugado	Indução	Não	ISO 9001
F5	Ferramentaria Estamparia	Fofo	1988	Itapevi	nd	7,2	80	Areia	Indução	Não	ISO 9001
F6	Válvulas Bombas	Inox AçoC	1997	São Carlos	10	2	45	Areia	Indução	Não	ISO 9001
F7	Agroindústria Geração de Energia	Fofo	1920	Piracicaba	nd	38	230	Areia	Indução Eletrodo	ISO 14001	ISO 9001
F8	Lingotes Vergalhões	Al	1941	Alumínio	nd	600	210	Molde metálico	Indução Resistência	ISO 14001	ISO 9001
F9	Automobilística	Al	2006	Nova Odessa	nd	1,7	60	Injeção	Indução Resistência	ISO 14001	ISO 9001
F10	Automobilística Construção Civil	Al	1943	Santo André	nd	18	200	Extrusão	Indução Resistência	ISO 14001	ISO 9001

Quadro 15: Características das empresas pesquisadas

²⁰ Fofo: Ferro Fundido

²¹ Valor de faturamento não divulgado

7 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS

7.1 DISCUSSÃO DOS DADOS COLETADOS

As notas elementares referentes a cada um dos 19 quesitos do Roteiro de Entrevista sobre as práticas da PE (Apêndice 2), formulados às 10 empresas pesquisadas estão organizadas na Tabela 5.

As notas elementares referentes a cada um dos 14 quesitos do Roteiro de Entrevista sobre os princípios da P+L (Apêndice 3), formulados às 10 empresas pesquisadas estão organizadas na Tabela 6.

A avaliação de cada uma das práticas ou princípios pesquisados foi feita de acordo com as respostas fornecidas na entrevista com o responsável pela produção ou pelo sistema de qualidade de cada empresa. Após a entrevista, foi feita uma visita à planta da empresa a fim de verificar evidências de aplicação das práticas e princípios pesquisados e avaliar o seu grau de implantação. A atribuição da nota definitiva foi definida, portanto, em duas etapas – preliminar e revisão – conforme procedimento definido no Protocolo de Entrevista detalhado no Apêndice 1. Em alguns casos, as evidências não foram fortes o suficiente para confirmar a nota preliminar dada na entrevista e na etapa de revisão a nota foi reduzida pelo pesquisador. Por outro lado, houve situações em que uma nota relativamente baixa atribuída preliminarmente foi aumentada na etapa de revisão pelo pesquisador, devido ao desconhecimento por parte do entrevistado de que certas ações corriqueiras que eram realizadas na empresa se encaixavam perfeitamente aos princípios de P+L pesquisados embora não tivessem sido citadas na entrevista.

Além das colunas com avaliações das 10 empresas estudadas, às duas tabelas foram acrescentadas duas colunas, com as médias das notas de cada quesito, considerando dois estratos de empresas. O grupo de empresas que não têm SGA certificado (F1 a F6), será denominado por grupo G0; e o grupo de empresas que possuem SGA certificado pela ISO 14001 (F7 a F10) será denominado por grupo G14.

Para cada caso analisado, ou seja, para cada fundição pesquisada, a soma das notas atribuídas poderia chegar a um máximo de 56 pontos para as práticas da PE e

a um máximo de 42 pontos para os princípios da P+L. Dessa maneira, a soma das notas da avaliação de cada fundição, em relação à nota máxima, seria a medida (expressa em porcentagem, na última linha da tabela) do grau de aderência daquela fundição às práticas da PE e aos princípios da P+L identificados na sua operação.

As cores de preenchimento das células referentes às notas médias de cada grupo de empresas (sem certificação e com certificação ISO 14001 e média geral), para cada quesito, obedecem ao esquema de atribuição de pontos mostrado na Figura 4 (página 47).

7.1.1 DADOS COLETADOS PARA AS PRÁTICAS DA PE

As observações feitas segundo o protocolo de pesquisa (Apêndice 1) e a pontuação anotada para cada empresa pesquisada no roteiro de entrevista do Apêndice 2, resultou na Tabela 5. Os dados coletados para a medição do grau de aderência da empresa às práticas da PE revelaram uma série de informações, que serão apresentadas e discutidas por ordem de quesito.

A avaliação do grau de aderência de cada fundição às práticas da PE está relacionada na última linha da tabela. Existe uma grande diferença para a aderência às práticas da PE entre as empresas que têm certificação ISO 14001 e aquelas empresas que não possuem sistema de gerenciamento ambiental certificado. O grau de aderência às práticas da PE não chega a 50% para as empresas do G0 (média de 28,3%). Por outro lado, as empresa do G14 apresentam um grau de aderência significativamente maior, variando de 57 a 77%, com média de 66,5%. Além disso, considerando as médias de aderência a cada uma das 19 práticas de PE, as médias alcançadas pelo G14 foram sempre maiores do que as médias alcançadas pelo G0.

Quando se examina o quesito de aderência à “filosofia do modelo da PE” (LP01), encontra-se diferenças significativas entre os grupos G0 e G14. O processo de certificação ambiental nas empresas do G14 fez com que fossem incorporados à estratégia da empresa novos valores que reforçaram a aplicação das práticas da PE, incluindo a redução de desperdícios entre as metas de qualidade. As notas máximas

alcançadas pelas empresas desse grupo revelam a preocupação de manterem a estratégia sempre alinhada com os objetivos da empresa, à medida que promovem uma avaliação permanente dos progressos destes fatores.

Com relação ao “gerenciamento visual” (LP02), as informações e a organização ainda são muito deficientes nas empresas do G0. Os painéis e instruções de trabalho são desatualizados e pouco utilizados. A limpeza e a organização (LP03) ocorrem de maneira eventual, sem a frequência necessária. Dessa maneira, diminui a possibilidade da prática ser incorporada à cultura da organização.

Nas práticas ligadas aos “processos estáveis e padronizados” (LP04), a sequência de trabalho está normalmente estabelecida e consolidada em instruções de trabalho. Existem diferenças entre as empresas na qualidade da execução dessa prática, mas são devidas, principalmente à diferença de porte das empresas, não implicando numa pior avaliação, já que a prática encontra-se implantada.

Já o planejamento da produção no “ritmo da demanda” (LP05) é uma prática mais difícil de identificar, uma vez que tem significância apenas para três empresas (F8, F9 e F10), que têm características de produção seriada. As demais operam com lotes de produção reduzidos e pedidos não regulares. Particularmente a fundição F8 não apresenta esta prática implantada, pois faz parte de uma usina integrada e a fundição é obrigada a processar o material que lhe é entregue, não necessariamente no ritmo da demanda, mas no ritmo do processamento do estágio anterior.

Com relação às práticas de “manutenção” (LP06), apenas as empresas F8 e F10 contam com um grande número de máquinas e com uma significativa equipe de manutenção. Mesmo assim, as empresas do G14 contam com práticas de manutenção preventiva melhor estruturadas. A preocupação com a redução de desperdícios das empresas deste grupo faz com que essa prática seja monitorada e tenha que cumprir metas de desempenho em relação aos progressos das ações preventivas e diminuição das ações corretivas.

		F1	F2	F3	F4	F5	F6	Média sem ISO 14001 G0	F7	F8	F9	F10	Média com ISO 14001 G14	Média geral
		Sem Certificação	Somente ISO9001						ISO 9001 e ISO14001					
LP01	Filosofia do modelo da PE	0	2	1	1	1	0	0,8	3	3	3	3	3,0	1,7
LP02	Gerenciamento visual	1	1	1	1	0	2	1,0	1	2	2	2	1,8	1,3
LP03	Gerenciamento visual (5S)	0	1	1	0	1	0	0,5	2	3	1	3	2,3	1,2
LP04	Processos estáveis e padronizados (sequência)	1	1	2	2	2	2	1,7	2	2	2	3	2,3	1,9
LP05	Processos estáveis e padronizados (planejamento c/ ritmo da demanda)	0	0	1	2	0	2	0,8	2	1	2	2	1,8	1,2
LP06	Processos estáveis e padronizados (manutenção)	1	2	1	1	1	1	1,2	2	3	1	2	2,0	1,5
LP07	Produção nivelada (<i>heijunka</i>)	1	0	1	2	2	2	1,3	2	1	2	2	1,8	1,5
LP08	Just-in-Time (sistema puxado conforme takt time)	1	1	2	1	0	2	1,2	2	0	2	1	1,3	1,2
LP09	Just-in-Time (troca rápida)	1	1	1	1	0	1	0,8	2	2	3	2	2,3	1,4
LP10	Just-in-Time (fluxo contínuo)	1	0	1	1	1	2	1,0	1	1	1	2	1,3	1,1
LP11	Just-in-Time (logística integrada)	1	1	0	1	1	1	0,8	0	2	2	1	1,3	1,0
LP12	Autonomação (paradas automáticas e <i>poka-yoke</i>)	0	0	0	0	2	1	0,5	1	1	2	1	1,3	0,8
LP13	Autonomação (<i>andon</i>)	0	0	0	0	1	1	0,3	1	0	2	2	1,3	0,7
LP14	Autonomação (solução na origem dos problemas)	1	1	1	2	2	2	1,5	2	2	3	3	2,5	1,9
LP15	Autonomação (controle de qualidade no setor)	0	0	0	0	2	2	0,7	2	2	3	3	2,5	1,4
LP16	Melhoria Contínua (grupos de trabalho de <i>kaizen</i>)	0	0	0	1	1	1	0,5	2	3	2	3	2,5	1,3
LP17	Melhoria Contínua (autoridade para implantação das soluções)	0	0	0	0	2	0	0,3	2	2	2	2	2,0	1,0
LP18	Melhoria Contínua (metas de aumento de produtividade)	0	0	0	2	1	1	0,7	1	2	2	3	2,0	1,2
LP19	Melhoria Contínua (reconhecimento do atingimento de metas)	0	0	0	0	1	0	0,2	2	3	2	3	2,5	1,1
% aderência à produção enxuta		16,1%	19,6%	23,2%	32,1%	37,5%	41,1%	28,3%	57,1%	62,5%	69,6%	76,8%	66,5%	43,6%

Tabela 5: Pontuação atribuída às empresas para os quesitos de aderência às práticas da PE do roteiro de entrevista.

Mesmo sendo um requisito importante para a certificação ISO 9001, as empresas do G0 cumprem apenas uma programação mínima, sem verificação dos resultados efetivos, ocasionando muito desperdício de tempo por espera de máquina não disponível²². A manutenção preditiva, porém, é praticamente inexistente. Todos conhecem seu significado e sabem da sua importância, porém, ainda não incorporaram o conceito em seus sistemas de manutenção.

A “produção nivelada” (LP07) também é outro quesito que não foi muito significativo, haja vista que as médias não foram muito diferentes entre os dois grupos. A variedade de peças não é muito grande, então a programação de todas as empresas baseia-se, principalmente, na distribuição de carga-máquina, com desvios sendo corrigidos frequentemente.

Dos requisitos relacionados ao “*just-in-time*”, a maior diferença encontrada entre as empresas foi quanto à prática da “troca rápida” (LP09). Nas empresas F7, F8, F9 e F10, de maior porte e com produção seriada, a prática estava sendo aplicada normalmente. Em geral, todas as empresas possuíam algum conhecimento em relação a todas as práticas relacionadas ao *just-in-time*, mas não as aplicavam de forma consistente.

O “sistema puxado” (LP08) funcionava parcialmente, pois não existiam sistemas do tipo *kanban* para determinar o início e a quantidade a ser produzida. As ordens são feitas de acordo com o pedido do cliente, mas não chega a haver um fracionamento da quantidade a ser produzida.

O “fluxo contínuo” (LP10) existe basicamente em função de uma preocupação com o *lay-out* da fábrica. Não se nota, porém, uma utilização intensiva de manipuladores, trilhos, correias transportadoras ou formas equivalentes de deslocamento de materiais e produtos. Ainda é intenso o uso de empilhadeiras, paleteiras e pontes rolantes para execução do transporte, com grande desperdício de tempo de transporte e de movimentos²³. Em função disso, a avaliação de 8 das 10 empresas avaliadas detectou uma baixa aderência à prática.

A “logística integrada” (LP11) é um item muito pouco utilizado pelas empresas em geral. Ao darem preferência às aquisições feitas no mercado à medida que a

²² Desperdício de número 2 na classificação de Ohno (1997), vista na seção 4.3.2

²³ Desperdícios de números 3 e 6 na classificação feita por Ohno (1997), detalhada da seção 4.3.2

demanda aparece, as empresas não exploram contratos de fornecimento de suas matérias-primas e insumos. Dessa forma, não se vê uma interação do planejamento de produção na frequência e quantidade de entregas dos fornecedores. Uma exceção fica por conta da F8 que, por ser parte de uma usina integrada, segue um planejamento centralizado e deve processar o que lhe é enviado, pois já está programada a entrega na outra ponta. A outra exceção é a F9, que recebe a matéria-prima principal já em estado líquido, de um fornecedor instalado próximo à planta, pronta para ir para o forno de espera da máquina. Nesse caso, não há como ser feito estoque de matéria-prima e a logística desse material tem que ser perfeitamente integrada.

Entre as práticas relacionadas à “autonomação”, a existência de dispositivos de parada automática, dispositivos *poka-yoke* (LP12) para prevenção de erros e sinais luminosos (LP13) para resolução imediata dos problemas são os mais raros. Provavelmente porque envolvem investimento e disponibilidade de tecnologia, não foram encontrados muitas evidências da utilização dessas práticas (Atlas; Florida, 1998). Há que se considerar também, a falta de assimilação completa do “pensamento enxuto” na cultura da empresa. A necessidade de se interromper uma produção com problemas ainda conflita com os objetivos de se alcançar uma quantidade diária máxima de produção, mesmo que parte dela acabe não sendo aprovada. Todavia, o fator investimento e, principalmente, a disponibilidade de tecnologia capaz de executar a inspeção automaticamente aparenta ter maior peso, uma vez que, também nas empresas do G14, não foram encontradas muitas evidências da utilização dessas práticas. Essas práticas podem ser estimuladas através de uma política governamental (HILSON 2000; FRIJNS, VLIET 1999; VELEVA, ELLENBECKER 2001), à semelhança dos incentivos (na conta de energia elétrica) oferecidos à população para a troca de refrigeradores e chuveiros antigos por outros mais modernos e eficientes.

Nas práticas de “solução na origem dos problemas” (LP14) e “controle de qualidade no setor” (LP15) foram novamente encontradas diferenças maiores entre as empresas do G0 e do G14. São requisitos que aparecem nas duas normas de certificação (ISO 9001 e ISO 14001) e são muito importantes na redução dos custos de retrabalho e dos desperdícios. O que se pode notar dos resultados, porém, é que

existe uma consolidação dessas práticas nas empresas que implementam e certificam um SGA, ajudando a aumentar sua aderência às práticas da PE, tal como visto nas seções 4.2.2.3 e 4.2.2.4.

Grandes diferenças também foram encontradas na avaliação dos quesitos que medem a aderência às práticas relacionadas à “melhoria contínua” (LP16 a LP19). Essas práticas fornecem as condições necessárias para a manutenção e o desenvolvimento de um processo de PE. O treinamento e incentivo aos funcionários (LP18 e LP19), em conjunto com o monitoramento e a formação de grupos de trabalho para tratar dos progressos em direção às metas traçadas (LP16 e LP17), geram o compromisso que garante a incorporação da cultura do pensamento enxuto na empresa e o aperfeiçoamento das práticas já implantadas (RAO, 2004). A certificação ISO 14001, estruturada com base no conceito do ciclo PDCA, coloca essas práticas de melhoria contínua em destaque, aumentando o grau de aderência da empresa às práticas da PE.

7.1.2 DADOS COLETADOS PARA OS PRINCÍPIOS DA P+L

As observações feitas segundo o protocolo de pesquisa e a pontuação anotada para cada empresa pesquisada no roteiro de entrevista do Apêndice 3, resultou na Tabela 6. Os dados coletados para a medição do grau de aderência da empresa aos princípios da P+L revelaram uma série de informações, que serão apresentadas e discutidas por ordem de quesito.

Existe uma grande diferença para a aderência aos princípios da P+L entre as empresas que têm certificação ISO 14001 e aquelas que não possuem sistema de gerenciamento ambiental certificado. O grau de aderência aos princípios da P+L não chega a 50% para as empresas do G0 (média de 23,8%). Por outro lado, as empresa do G14 apresentam um grau de aderência significativamente maior, variando de 50 a 62%, com média de 54%. Além disso, as médias de aderência a cada uma das 14 práticas relacionadas aos princípios da P+L, as médias alcançadas pelo G14 foi sempre maior do que aquelas alcançadas pelo G0.

O princípio da “boa arrumação” da P+L foi desdobrado em dois quesitos: CP01 e CP 02. Esse princípio está ligado à organização do ambiente de trabalho, sendo similar às práticas da PE para o gerenciamento visual. A diferença é que nesse modelo, o objetivo da organização é revelar os desperdícios e a acumulação de resíduos que geram insalubridade e insegurança ao ambiente de trabalho, além de propiciarem a degradação do meio ambiente quando dispostos de maneira incorreta.

Os dois grupos – G0 e G14 – apresentaram resultados muito diferentes, pois as evidências de práticas de organização e manutenção das empresas do G0 não tinham preocupação com esse princípio da P+L.

O resultado era que acabavam contornando problemas nas máquinas, por exemplo, deixando-a continuar em operação com vazamentos, excesso de ruídos, perdas térmicas ou elétricas, desde que mantivesse o nível de produção. A organização do ambiente de trabalho também não privilegiava o conforto e a segurança do operador.

Foi verificada a utilização de materiais perigosos e tóxicos em seis fundições, para a preparação dos moldes de areia, que poderiam ser substituídas por outras. Quatro das fundições pesquisadas fizeram a substituição dessa matéria-prima (CP03).

Dentro do princípio da “mudança da matéria-prima”, a reciclagem de materiais (CP04) é um quesito que recebeu a maior pontuação, por parte de todas as fundições. Por serem indústrias que utilizam a fusão do metal para obterem o seu produto, a utilização de material reciclável interno e externo é muito intensa, sendo característica dessa indústria a utilização de sucata como matéria-prima.

Contudo é preciso ressaltar que essa “reciclagem”, não deve ser considerada como uma prática tão meritória, pois a rigor deve ser rigidamente controlada no processo de fabricação para ser minimizada já que constitui uma fonte importante de desperdício de energia. Quando se pensa na reciclagem de sucata, comprada como matéria-prima, o princípio da economia de recursos é alcançado. Quando, porém, se pensa no material recirculado dentro da planta, que foi rejeitado ou fabricado em excesso, essa reciclagem torna-se uma fonte de desperdício de tempo útil de máquina (desperdício por reprocessamento) e de energia.

		F1	F2	F3	F4	F5	F6	Média sem ISO 14001 G0	F7	F8	F9	F10	Média com ISO 14001 G14	Média geral
		Sem Certificação	Somente ISO9001						ISO 9001 e ISO14001					
CP01	Ambiente de trabalho saudável e seguro	0	1	1	0	1	1	0,7	2	2	1	3	2,0	1,2
CP02	Manutenção preventiva segundo princípios da P+L	0	0	0	0	1	1	0,3	2	2	1	3	2,0	1,0
CP03	Substituição de matéria-prima	1	0	1	0	2	1	0,8	1	3	2	2	2,0	1,3
CP04	Reciclagem de matéria-prima	2	2	2	2	2	2	2,0	2	3	3	2	2,5	2,2
CP05	Controle de consumo de matéria prima e energia	1	1	0	1	2	1	1,0	1	3	1	3	2,0	1,4
CP06	Alteração do processo p/ redução de consumo de matéria prima	0	0	0	1	2	2	0,8	2	3	1	2	2,0	1,3
CP07	Utilização do equipamento mais eficiente	0	0	0	0	2	1	0,5	0	3	1	1	1,3	0,8
CP08	Aplicação da tecnologia mais moderna	0	1	0	0	0	0	0,2	0	2	2	1	1,3	0,6
CP09	Cadeia de suprimentos que aplicam P+L	1	1	1	0	1	1	0,8	1	1	1	2	1,3	1,0
CP10	Aproveitamento de resíduos na planta	1	2	1	2	3	1	1,7	2	1	3	2	2,0	1,8
CP11	Produção de subprodutos recicláveis	0	0	0	1	1	1	0,5	3	1	2	1	1,8	1,0
CP12	Processo para reutilização de subprodutos	0	0	0	1	1	0	0,3	2	0	1	2	1,3	0,7
CP13	Incentivo a fornecedores para aplicar a P+L	0	0	0	0	0	0	0,0	1	1	2	1	1,3	0,5
CP14	Projeto de produtos de acordo com princípios da P+L	0	0	1	1	0	0	0,3	2	0	1	1	1,0	0,6
% aderência à P+L		14,3%	19,0%	16,7%	21,4%	42,9%	28,6%	23,8%	50,0%	59,5%	52,4%	61,9%	56,0%	36,7%

Tabela 6: Pontuação atribuída às empresas para os quesitos de aderência aos princípios da P+L do roteiro de entrevista

Ainda que nas empresas pesquisadas a fonte de energia utilizada seja a elétrica, o que pode atenuar o impacto, se forem pesquisadas empresas localizadas no interior do Brasil, poderão ser encontradas muitas fundições utilizando energia térmica gerada pela queima de combustível, seja carvão, óleo ou gás natural. Dessa maneira, um alto índice de reciclagem na própria planta poderá tornar-se um problema crítico em função da poluição do ar gerada.

Evidências da existência do princípio do “melhor controle de processo” são encontradas principalmente no controle da matéria-prima (CP05), em função do controle de custos. O custo do retrabalho, porém, nem sempre é levado em consideração, uma vez que se pode reaproveitar todo o material empregado em uma peça rejeitada. Somente duas empresas (F8 e F10) fazem um controle e estabelecem metas de redução para o consumo de insumos e energia elétrica, além da matéria-prima (CP06).

Somente uma empresa (F8) está utilizando o equipamento de produção mais eficiente em termos ambientais (CP07), apesar de ser uma das instalações mais antigas. Essa fundição mantém reformas constantes para atualização do equipamento. Existe uma grande preocupação com o rendimento energético das máquinas, além de controle de ruídos e emissões para evitar riscos de doenças para os funcionários. Metade das fundições pesquisada utilizam equipamentos muito antigos e ineficientes. O atendimento a esse princípio, porém, é limitado. Depende de investimentos altos em equipamentos, que são inacessíveis à realidade de margens reduzidas das indústrias de fundição atualmente.

A aderência ao princípio da “mudança tecnológica” (CP08 e CP09) foi extremamente baixa para as fundições analisadas, pois elas são concebidas para fabricar produtos de acordo com determinado processo (fundição). Nem sempre essa tecnologia se mostra mais apta para a fabricação de todos os produtos que lhe são solicitados. Mudanças tecnológicas, porém, requerem estrutura de pesquisa e desenvolvimento, que foi encontrada somente nas empresas de grande porte F8, F9 e F10. A aplicação de uma prática de desenvolvimento de cadeia de suprimentos que sigam os princípios da P+L (CP09) e estejam desenvolvendo materiais e processos “mais limpos”, poderia ser uma boa fonte de geração de ideias e soluções novas que

poderiam ser aproveitadas pelas empresas (RAO; HOLT, 2005). Essa interação com os fornecedores, porém, é muito pouco explorada em todas as empresas.

A aderência ao princípio de “recuperação e reuso na planta” (CP10) também apresenta uma média alta, pois já é antigo e muito difundido o processo de recuperação da areia de moldação, principal resíduo gerado no processo de fundição. O equipamento recuperador não sofreu muita evolução nas últimas décadas, então o rendimento é satisfatório em todas que o utilizam. Nesse quesito destacou-se a fundição F5 que inovou no aproveitamento da areia de fundição usada, reprocessando-a para fabricação de blocos de cimento para construção civil. Aproveitando-os inicialmente para suas obras internas, aguarda autorização da CETESB para comercializar o produto. Desse modo, o descarte de areia de fundição da empresa para aterros industriais é zerado.

As empresas do G14, em função de terem um SGA implantado, desenvolvem diversos programas de tratamento de resíduos para reciclagem (CP11) e utilização de materiais reciclados em suas operações (CP12). É por isso que as notas desse grupo são mais altas que a das outras fundições. Como a quantidade desses materiais é reduzida nas fundições de menor porte, em função do nível de produção, esse material é simplesmente descartado, sem reaproveitamento ou beneficiamento. A única exceção são ações para o tratamento de água, pois é um efluente que sofre uma intensa fiscalização dos órgãos ambientais.

O princípio da “modificação de produto” (CP13 e CP14) apresenta uma aderência muito baixa devido à necessidade de uma estrutura de pesquisa e desenvolvimento, que poucas fundições possuem. Outro fator que influencia nessa menor pontuação é que são tipicamente indústrias que fabricam um produto segundo especificações do cliente, ou seja, não desenvolvem produto, mas somente o processo de fabricação. Por outro lado, o potencial de inovação também é desperdiçado. Não foram observadas evidências de incentivos à participação dos clientes e fornecedores em ações conjuntas visando minimizar determinados impactos ambientais, seja em racionalização da utilização de recursos ou diminuição de emissões.

7.2 ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE A ADERÊNCIA ÀS PRÁTICAS DA PE E A ADERÊNCIA AOS PRINCÍPIOS DA P+L

Após as discussões sobre os resultados de aderência das fundições pesquisadas a cada uma das práticas que compõem os modelos de PE e de P+L propostos pelo presente trabalho, a análise da correlação do grau de aderência das empresas às práticas de PE e aos princípios de P+L será feita graficamente. Os dados da somatória da pontuação de cada empresa (expressos em porcentagem do grau de aderência) são lançados em um quadrante formado por dois eixos ortogonais, conforme a Figura 23. O eixo horizontal representará o grau de aderência às práticas da PE e o eixo horizontal representará o grau de aderência aos princípios da P+L.

Figura 23: Aderência às práticas da PE x aderência aos princípios da P+L

De acordo com a estrutura do trabalho mostrada na Figura 3, essa análise faz parte do segundo objetivo do trabalho. Nesse ponto é possível responder à primeira pergunta de pesquisa (Q1):

- Qual a relação entre a aderência às práticas da Produção Enxuta e a aderência aos princípios da Produção mais Limpa?

Desse gráfico, construído com dados pesquisados junto a 10 fundições pode-se extrair graficamente uma correlação positiva, representada pela reta tracejada, entre o grau de aderência às práticas da PE e o grau de aderência aos princípios da P+L. Ou seja, o desenvolvimento e o aprimoramento das práticas da PE na empresa podem criar condições para que os princípios da P+L sejam atendidos, melhorando o rendimento ambiental da empresa sem a criação de uma estrutura específica para esse propósito.

Um ponto “fora da curva” que deve ser destacado é o resultado da fundição F5. Apesar de ter uma estrutura reduzida e não contar com pessoas dedicadas à pesquisa e desenvolvimento, conta com a iniciativa individual do fundador da empresa, que tem um excelente conhecimento técnico sobre o processo. O processo de inovação é conduzido por ele pessoalmente. Ele mesmo estabelece contato frequente com fornecedores de materiais e equipamentos e procura desenvolver mudanças em conjunto. Dessa forma, sem muito investimento financeiro, essa empresa conseguiu superar a avaliação em vários quesitos ligados aos princípios da P+L. A pontuação quanto à aderência às práticas da PE não foi mais alta em comparação com as outras devido à equipe reduzida, provocando uma deficiência em relação à melhoria contínua, que depende da formação de uma equipe e da participação de todos os funcionários.

Outro destaque que pode ser feito é para a empresa F8, que mantém seu equipamento constantemente atualizado, alcançando uma nota acima do esperado em função de seu grau de aderência à PE. Por não operar sob um planejamento de produção puxado, sua aderência às práticas da PE ficou um pouco menor.

A boa avaliação quanto à aderência às práticas da PE conseguida pela empresa F9 não teve igual correspondência quanto à avaliação da aderência à P+L, ficando um pouco abaixo do esperado. Isso se deve, basicamente, ao fato da empresa ter optado por não tratar sua matéria-prima internamente, recebendo-a pronta para utilização. Dessa maneira, não existe nenhum processo de reaproveitamento na planta dos resíduos e retornos de processo, sendo tudo transferido para beneficiamento e reciclagem do fornecedor. Além disso, a limitação de espaço não permite uma boa arrumação e um bom ambiente de trabalho.

7.3 ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA CERTIFICAÇÃO ISO 14001

Uma análise estratificada dos resultados revela, conforme mostra a Figura 24, que existe uma diferença entre dois agrupamentos de empresas: aquelas que têm certificação de seu SGA pela norma ISO 14001 e aquelas que não têm SGA certificado.

De acordo com a estrutura do trabalho mostrada na Figura 3, essa análise faz parte do segundo objetivo do trabalho. A constatação dessa diferença permite responder à segunda pergunta de pesquisa (Q2):

- As competências desenvolvidas na busca da certificação do sistema de gerenciamento ambiental com base nos requisitos estabelecidos pela ISO 14001 influenciam na aderência às práticas da produção enxuta e aos princípios da produção mais limpa?

Figura 24: Aderência às práticas da PE x aderência aos princípios da P+L: grupos de empresas com certificação ISO 14001 e sem certificação ISO 14001.

Para avaliar a influência dessa certificação sobre o grau de aderência às práticas da PE e sobre o grau de aderência aos princípios da P+L, foi feita uma análise

dos dois estratos distintos, com dados lançados em dois gráficos que mostram a dispersão do grau de aderência às práticas da PE em função das empresas pesquisadas terem ou não terem a certificação ISO 14001 (Figura 25) e a dispersão do grau de aderência aos princípios da P+L em função das empresas pesquisadas terem ou não terem a certificação ISO 14001 (Figura 26).

É possível observar uma influência do fato da empresa ter ou não o SGA certificado segundo os requisitos da norma ISO 14001 sobre o grau de aderência dessa empresa às práticas da PE e aos princípios da P+L.

A Figura 25 mostra que, enquanto o grau de aderência às práticas da PE das empresas sem certificação ISO 14001 concentra-se ao redor de 16 a 42%, as empresas com ISO 14001 apresentam um valor de aderência variando de 57 a 77%.

Figura 25: Influência da certificação ISO 14001 no grau de aderência das empresas às práticas da PE.

Figura 26: Influência da certificação ISO 14001 no grau de aderência das empresas aos princípios da P+L.

A Figura 26 mostra que, enquanto o grau de aderência aos princípios da P+L das empresas sem certificação ISO 14001 concentra-se ao redor de 14 a 29%, com apenas uma se destacando com mais de 40%, as empresas com ISO 14001 apresentam um valor de aderência variando de 50 a 62%.

No entanto, quando se analisa o incremento na porcentagem de aderência devido ao fato das empresas possuírem ou não ISO 14001, constata-se que o incremento é maior na aderência às práticas da PE do que na aderência aos princípios da P+L.

- A média dos valores de aderência às práticas da PE é de 28% para as empresas sem ISO 14001 contra uma média de 67% para as empresas com ISO 14001. Ou seja, a certificação representou um incremento de 39 pontos percentuais.
- A média dos valores de aderência aos princípios da P+L é de 24% para as empresas sem ISO 14001 contra uma média de 56% para as empresas com ISO 14001. Ou seja, a certificação representou um incremento de 32 pontos percentuais.

Então, é possível concluir que a influência que a certificação ISO 14001 exerce sobre a aderência às práticas da PE é maior do que a influência que ela exerce sobre a aderência aos princípios da P+L. Essa maior influência é tratada pela literatura, como já vista no Referencial Teórico, uma vez que a certificação ISO 14001 acaba reforçando a organização e os princípios de controle introduzidos pela ISO 9001. Além disso, também a literatura trata da necessidade de se promoverem ações mais amplas, uma vez que a simples implantação de um SGA não é suficiente para proporcionar um grande salto no desempenho ambiental.

7.4 ANÁLISE DA NECESSIDADE DE ABORDAGENS COMPLEMENTARES

Esta Seção tratará da análise das avaliações de cada um dos quesitos propostos para medir a aderência às práticas da PE e aos princípios da P+L. De acordo com a estrutura do trabalho mostrada na Figura 3, essa análise faz parte do segundo objetivo do trabalho. A constatação de que pode ser necessária uma abordagem complementar às práticas da PE para se conseguir alcançar graus de aderência aos princípios da P+L ainda maiores, permite responder à terceira pergunta de pesquisa (Q3):

- Quais são os requisitos do modelo da P+L que são mais difíceis de serem atendidos pelas indústrias, mesmo com a implementação de métodos e/ou ferramentas de PE e que, portanto, devem demandar abordagens complementares para que possam ser melhor atendidos?

A partir da análise da correlação gráfica verificada no gráfico da Figura 23, podemos extrapolar os valores de aderência às práticas da PE até 100%. Observa-se, então, através da Figura 27, que mesmo na hipótese de existirem empresas que alcancem 100% de aderência às práticas da PE, elas poderiam alcançar um nível de aderência aos princípios da P+L de pouco mais de 80%. Existe, então, a necessidade de se detectar quais princípios da P+L necessitarão de uma ação complementar para que possam ser atendidos plenamente com o objetivo de se chegar a 100% de aderência.

Figura 27: Aderência às práticas da PE x aderência aos princípios da P+L: extrapolação dos resultados

Uma análise das avaliações médias das 10 empresas dos quesitos referentes à aderência aos princípios da P+L, retirada a partir dos dados da Tabela 6, nos revela uma distribuição conforme a Figura 28.

Figura 28: Avaliações médias das 10 empresas pesquisadas para cada quesito de aderência aos princípios da P+L

Os únicos quesitos que tiveram boas avaliações médias foram os CP04 e CP10, ligados à reciclagem de matéria-prima que, como já discutido na seção anterior, são típicos desse tipo de indústria, cujo processo (fusão metálica) permite um grande aproveitamento de material reciclado. Através do esquema de cores utilizado na Tabela 6, podemos ver que estes quesitos são os únicos que ficaram com a cor verde, na coluna da média geral.

Gráficos semelhantes levantados para as médias das empresas com e sem certificação ISO 14001 são mostrados nas Figuras 29 e 30. Nessa análise feita dentro dos estratos, pode-se visualizar claramente o quanto a média de cada quesito melhora para as empresas com certificação ISO 14001. O número de quesitos com avaliação satisfatória após um trabalho de implantação de um SGA subiu para 8, ficando com avaliação abaixo da média aceitável apenas os quesitos CP07, CP08, CP09, CP12, CP13 e CP14.

Figura 29: Avaliações médias das 6 empresas pesquisadas sem certificação pela ISO 14001 para cada quesito de aderência aos princípios da P+L

Figura 30: Avaliações médias das 4 empresas pesquisadas com certificação pela ISO 14001 para cada quesito de aderência aos princípios da P+L.

Através do esquema de cores utilizado na Tabela 6, podemos ver que estes quesitos são aqueles que ficaram com a cor verde, na coluna da média das empresas que contam com certificação ISO 14001.

Uma vez que, como observado na questão de pesquisa anterior, as competências adquiridas com a certificação do SGA conforme norma ISO 14001 reforçam a aderência às práticas de PE, a abordagem da utilização das práticas da PE para atingir os objetivos da P+L são suficientes para o atendimento a esses quesitos da P+L (CP01, CP02, CP03, CP04, CP05, CP06, CP10 e CP11)

O mesmo não pode se dizer dos quesitos CP07, CP08, CP09, CP12, CP13 e CP14, pois mesmo após alcançarem uma melhor avaliação quando considerada a certificação ISO 14001, ainda assim ficaram com uma média insatisfatória (destacado com as cores amarelas na coluna das médias das empresas com ISO 14001). Conforme já discutido na seção 7.1 e também no referencial teórico, estes quesitos devem precisar de uma abordagem complementar ao estímulo das práticas da PE para alcançar uma melhor avaliação.

Estes quesitos que necessitarão de uma abordagem complementar estão relacionados aos princípios da P+L (Figura 8):

- [PL4] Modificação no equipamento
- [PL5] Modificação tecnológica
- [PL7] Produção de subprodutos úteis
- [PL8] Modificação do produto

De acordo com HILSON (2000) e HILLARY, THORSEN (1999), as melhorias com relação a esse aspecto da P+L são principalmente alcançadas mediante programas governamentais de incentivos ao desenvolvimento tecnológico e à substituição de equipamentos ineficientes, além de limites regulatórios mais severos com relação ao licenciamento ambiental.

Mesmo em empresas de grande porte, altamente comprometidas com os objetivos da sustentabilidade em sua estratégia, não foi possível identificar iniciativas maiores de inovação e desenvolvimento de novos produtos ou de novas tecnologias, voltadas exclusivamente para melhoria de rendimento ambiental. Foi detectado também, que os fornecedores não são envolvidos na organização de programas

ambientais, o que acaba limitando a difusão do conhecimento e da inovação (LP12, CP09 e CP13).

Somente uma empresa está utilizando o equipamento de produção mais eficiente em termos ambientais. Metade das fundições pesquisada utilizam equipamentos muito antigos e ineficientes. O atendimento a esse princípio, porém, é limitado. Depende de investimentos altos em equipamentos, que são inacessíveis à realidade de margens reduzidas das indústrias de fundição atualmente. Existe, então, a necessidade de uma ação complementar no sentido de se abrir linhas de crédito específicas para incentivar a renovação dos equipamentos utilizados atualmente, com o compromisso das empresas em determinadas metas de redução de consumo e de emissões.

Com relação às mudanças tecnológicas, elas requerem uma estrutura de pesquisa e desenvolvimento somente encontrada nas empresas de grande porte. Mecanismos governamentais de difusão do conhecimento poderiam facilitar o acesso das pequenas empresas às inovações tecnológicas. Também o desenvolvimento de uma cadeia de suprimentos que siga os princípios da P+L poderia ser uma boa fonte de geração de ideias e soluções novas que poderiam ser aproveitadas pelas empresas. Essa interação com os fornecedores é muito pouco explorada em função do receio que os empresários têm de revelarem seus segredos. A utilização das organizações de classe e de consultorias patrocinadas por essas instituições poderia romper essa barreira e facilitar as mudanças que tragam resultados ambientais em curto espaço de tempo.

A reciclagem interna ou o processamento para a reciclagem de resíduos encontra limitações de viabilidade em função do volume. Individualmente, a geração de uma série de resíduos pelas empresas não viabiliza os custos de seu processamento. Uma ação regional, porém, poderia ser coordenada por uma instituição particular ou governamental com o objetivo de centralizar a reciclagem desses materiais. Dessa maneira, o volume viabilizaria o processo de transformação e reduziria o volume de material despejado em aterros industriais.

Um tipo de resíduo é bastante aproveitado pelas fundições, em razão de seu alto volume: são as areias de fundição (ADF). Apesar de ser um insumo de baixo

preço de aquisição, o descarte é feito somente em aterros sanitários específicos o que implica num custo total maior.

Esses aterros sanitários vêm sendo cada vez mais restringidos pelo poder público, devido à falta de espaço urbano, obrigando as empresas de descarte a transportarem o resíduo para localidades mais afastadas. Isso gera um aumento no custo do transporte e também do impacto ambiental, pois, além do consumo de combustível dos caminhões de transporte, aumentam a poluição atmosférica.

Todas as empresas pesquisadas, que utilizam processo de fundição em areia, contam com recuperadores que separam a areia de fundição da resina para utilizar de 70 a 90% de material recuperado em seu processo. Essa quantidade, porém, ainda não é suficiente, pois ainda é preciso descartar uma parte desse resíduo, constituído de partículas mais finas.

Existem vários estudos demonstrando a viabilidade da utilização desses resíduos em recapeamento de estradas e até como substrato para produção vegetal. Nesta vertente, um projeto inovador que merece destaque é o da empresa F5, que montou uma pequena fábrica de blocos de cimento utilizando sua própria areia descartada. A autorização inicial do órgão fiscalizador, porém, é somente para utilização dos blocos em construções em suas próprias dependências. Está havendo uma negociação para que seja aumentada essa unidade de fabricação e que os blocos possam ser vendidos para o mercado de construções em geral, uma vez que as possibilidades de utilização interna já se esgotaram. Assim sendo, é fundamental que o órgão público responsável pela autorização dessas destinações de resíduos e as empresas que têm investido em projetos desta natureza atuem de forma mais integrada para disseminar as práticas de reaproveitamento de resíduos e viabilizar projetos que podem contribuir com isso na velocidade necessária. Esse é um grande exemplo de fomento à inovação que poderia contar com investimentos públicos subsidiados e ampla divulgação através da FIESP e da ABIFA, com apoio e fiscalização da CETESB.

O princípio da “modificação de produto” também depende de uma estrutura de pesquisa e desenvolvimento, que poucas fundições possuem. Nesse caso, porém, depende muito pouco das próprias empresas, uma vez que são tipicamente indústrias que fabricam um produto segundo especificações do cliente, ou seja, não

desenvolvem produto, mas somente o processo de fabricação. Novamente aqui foi constatado um desperdício das oportunidades de inovação, na medida em que há uma interação muito reduzida com os clientes. Ações conjuntas poderiam resultar em adaptações de produto, se o cliente souber o que pode ser feito para reduzir os impactos ambientais provocados pela produção da sua peça. Aqui também se faz necessária uma ação de conscientização e estímulo a esses encontros através dos órgãos de classe.

A modificação de produtos visando aumentar sua capacidade de ser reaproveitado após o uso, minimizando seu impacto ambiental tanto durante a sua produção quanto após sua utilização (CP14) é um dos princípios de P+L enunciados pelo PNUMA. Nesse sentido, as iniciativas observadas são ainda em geral incipientes, mas vale destacar um desenvolvimento de produto que está sendo feito em uma das fábricas pesquisadas (que fabrica bombas automotivas de água e óleo), poderia ser considerado como um desenvolvimento de produto sustentável. Apesar da modificação não aumentar sua “reciclabilidade”, o produto será mais eficiente e exigirá menos do motor principal para funcionar, aumentando-lhe a eficiência e resultando em economia de combustível. Não se encaixaria na definição de P+L para a fundição que está fabricando a bomba, mas o automóvel que irá utilizar esse produto inovador poderá ser enquadrado como tendo sido produzido com conceitos de P+L, com inovação trazida por um fornecedor.

8 CONCLUSÕES

8.1 SOBRE OS OBJETIVOS E AS QUESTÕES DE PESQUISA

Embora em geral, as empresas consideradas na amostra ainda estejam distantes do grau de implementação do sistema de PE alcançado por empresas industriais como montadoras de automóveis e fornecedoras de componentes automotivos, a análise dos dados coletados em campo forneceu evidências que permitem admitir que existe uma relação entre a aderência às práticas de PE com a aderência aos princípios de P+L na indústria de fundição. As melhorias introduzidas para a racionalização da produção por meio das práticas de PE encontram correspondência com melhores avaliações de aderência aos princípios da P+L. Apesar de não ser possível afirmar que exista uma relação de causalidade direta entre a busca de melhor aderência às práticas da PE com maior aderência aos princípios da P+L, as ações empreendidas na busca do primeiro objetivo podem resultar em uma sinergia positiva, amplificando os benefícios decorrentes da implantação de práticas enxutas, favorecendo não somente a eficiência produtiva como o rendimento ambiental. Isso ocorre pela assimilação de novos conceitos de gestão e adoção de novas técnicas de produção, tais como a troca rápida (LP09), melhoria contínua para redução da variabilidade do processo (LP18) e aumento da estabilidade do processo por meio da manutenção preventiva (LP06), que são consonantes com o objetivo de atenuar os impactos ambientais por servirem potencialmente como “indutores naturais” de melhoria de resultados ambientais. Dessa forma, sem a necessidade de uma estrutura dedicada exclusivamente para o gerenciamento ambiental, as empresas podem se valer das competências de PE para evoluírem na direção da sustentabilidade. Se a empresa se propuser a melhorar seu rendimento ambiental e implantar formalmente um SGA efetivo, todo seu processo produtivo pode se beneficiar ainda mais pela redução de desperdícios e racionalização no uso dos recursos, aumentando sua produtividade.

O primeiro objetivo do presente trabalho foi alcançado na medida em que os modelos de produção com preocupação ambiental que surgiram após a mobilização

mundial em torno do tema da sustentabilidade foram apresentados e comparados, após o levantamento do referencial teórico. A discussão dos pontos convergentes e divergentes de cada modelo pode auxiliar o gestor de uma empresa envolvido em atender a uma demanda por processos mais sustentáveis a selecionar aquele que mais se adapta aos objetivos estratégicos traçados pela alta direção da companhia.

O segundo objetivo é alcançado através do estudo de casos múltiplos. A verificação de que existe a possibilidade de se utilizar ferramentas bem conhecidas e bastante utilizadas no gerenciamento de produção, abre a possibilidade da adoção mais rápida pelas empresas de procedimentos de produção que contenham uma preocupação ambiental, aliada à produtividade e à qualidade de seus produtos.

A relevância dos dados obtidos é destacada pela simplicidade que pode ser tratado o tema da sustentabilidade em um tipo de indústria crítica em termos de potencial de poluição e degradação ambiental. Outro ponto relevante foi a identificação dos pontos comuns entre os vários modelos existentes, permitindo, assim, a delimitação do âmbito de aplicação de cada um deles.

Por outro lado, a pontuação baixa observada em alguns quesitos de P+L revela que ainda existem algumas práticas que somente poderão ser melhoradas se houver uma participação mais ativa de agentes governamentais (CP07, CP08, CP09, CP12, CP13 e CP14). Essa participação pode se dar por meio de regulamentação ou por meio de incentivos a investimentos em equipamentos e inovação. Os avanços conseguidos pelas empresas individualmente acabam sendo limitadas se comparados ao potencial que poderia ser alcançado no contexto de ações mais amplas e sistêmicas direcionadas à realidade de setores específicos como o da fundição. Evidentemente, esforços de tamanha envergadura precisam ser amparados e direcionados por mecanismos indutores que sejam articulados ou apoiados por agentes governamentais.

A contribuição que essa pesquisa trouxe para a literatura foi a discussão dos modelos existentes de uma forma comparativa, estabelecendo o campo de aplicação de cada um. Além disso, a discussão de princípios da P+L a partir de ferramentas existentes e, em muitos casos, já sendo aplicadas nas empresas contribui para facilitar a adoção da ideia da sustentabilidade pelas empresas. Sem propor uma nova metodologia, a “reciclagem” das ferramentas existentes pode propiciar às indústrias

um meio fácil, rápido e de baixo custo para a obtenção de melhores rendimentos ambientais.

Outra contribuição que surgiu dos resultados encontrados foi a proposição de um campo de atuação para que entidades governamentais e entidades de classe possam atuar para contribuírem mais efetivamente nesse esforço de crescimento sustentável.

8.2 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

A discussão e a análise dos dados coletados revelou que a amostra foi adequada para balizar o estudo das questões de pesquisa propostas. Os resultados, porém, deram margem à proposição de outros questionamentos que não teriam condições de serem respondidos pela amostra de empresas selecionada.

Em função de haver uma divulgação desigual das ideias sobre a sustentabilidade no ambiente industrial por todo o Brasil, a amostra não conseguiu captar essas influências. No Estado de São Paulo, o tema é tratado pela CETESB e pela FIESP de maneira mais pronunciada. A abordagem que eles utilizam é a do PCS, o que poderia acabar deixando de lado as indústrias que produzem bens intermediários. O SENAI atua no restante do Brasil mais ativamente e, por intermédio do CNTL, promove uma ação mais focada nos princípios da P+L, atuando nos processos de transformação. A amostra não refletiu essa diferença de influências.

Outra limitação que pode comprometer o grau de generalização das conclusões é a opção por limitar a pesquisa a apenas uma empresa sem certificação nem de SGQ nem de SGA. No universo das empresas de fundição, essa situação representa pouco mais da metade das indústrias e elas não foram adequadamente representadas. A opção feita foi proposital e partiu de uma premissa que os dados de aderência às práticas da PE assumiriam valores muito baixos, dificultando a análise do efeito de uma variável sobre a outra, uma vez que o intervalo de sua distribuição seria muito reduzido.

Além disso, não foi incluída uma discussão de quais medidas de melhoria de produtividade por meio da PE possibilitariam atingir maior eficácia na busca de um melhor desempenho ambiental nas empresas do segmento industrial pesquisado.

8.3 PROPOSTAS DE EXTENSÃO DO TRABALHO

O presente trabalho tratou de comparar as práticas de PE em relação aos princípios da P+L. As análises, porém, foram principalmente qualitativas, mas uma extensão desse estudo poderia contemplar pesquisas realizadas com dados que permitam análises de correlação mais estruturadas, baseadas em métodos estatísticos.

Além disso, esta pesquisa pode ser estendida para procurar identificar quais práticas da PE seriam “indutores naturais” de melhoria de resultados ambientais e propor formas eficazes de seleção das práticas a serem implementadas, em função da intensidade do efeito que induzem no resultado final de rendimento ambiental.

A diversificação dos setores industriais também é interessante para a comparação e confirmação dos graus de aderências e a influência do tipo de processo de transformação.

Além da avaliação qualitativa da existência dos princípios da P+L, poder-se-ia levantar um ou mais parâmetros de consumo ou de rendimento para quantificar-se o grau de influência da aplicação de determinadas práticas. Assim, a medição da quantidade de energia elétrica consumida, a quantidade de água, de matéria-prima ou insumos, poderia revelar o rendimento obtido. Com essa medida do rendimento, pode-se calcular a relação custo/benefício da implantação de determinadas medidas.

Novos conceitos tem sido agregados aos princípios da P+L nas discussões sobre sustentabilidade nos últimos 20 anos. Pelo conceito do *Triple Bottom Line*²⁴, o presente trabalho contemplou as dimensões da Produtividade (*Productivity*) e do Lucro (*Profit*). O aumento da importância da dimensão humana (*People*) faz com que

²⁴ Também conhecido como 3Ps – *Productivity, Profit and People*

a sustentabilidade deva ser estudada também a partir desse enfoque em trabalhos futuros. Além de novos conceitos, novos estudos deverão contemplar também as mudanças sociais e econômicas que serão desencadeadas pela implementação definitiva e cumprimento das regras estipuladas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei 12.305 de 13 de Agosto de 2010, que entrará em vigor pleno a partir de Agosto de 2014. Essa lei preconiza a necessidade da participação de toda a sociedade na organização de programas de logística reversa para os fabricantes de bens de consumo duráveis e não-duráveis, remanufatura, reeducação dos consumidores para diminuição do consumo supérfluo e diminuição da obsolescência programada dos bens colocados no mercado.

Diante do exposto, espera-se que esta pesquisa tenha contribuído para ampliar conhecimentos na área de sistemas de produção com preocupação ambiental e também possa incentivar outros pesquisadores a ampliar o tema, explorando as aplicações práticas dos modelos e disseminando os conceitos de uma P+L, verde ou sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIFA; *Guia Abifa de Fundição – Anuário 2010*; Associação Brasileira de Fundição; São Paulo; 2010.

ABNT; *NBR ISO 14001-2004 – Gestão Ambiental – Requisitos*, 2004.

ALMEIDA, L. *A sociedade de consumo e o Meio-ambiente*. Cursos Ambientais CNED – Centro Nacional de Ensino a Distância, 2008. Disponível em <http://www.cenedcursos.com.br/a-sociedade-consumo-meio-ambiente.html>. Acesso em: 20 Jun. 2011.

AMATO NETO, J. *Gestão sustentável da cadeia de suprimentos (Green Supply Chain Management): princípios e aplicações*; in *Sustentabilidade & Produção – Teoria e prática para uma gestão sustentável*; Ed. Atlas; ed. 1; 2011.

ANTONY, J. *Six Sigma: a strategy for supporting innovation in pursuit of business excellence*, International Journal of Technology Management, vol. 37, n. 1-2, p. 8-12, 2007.

ASIF, M.; de BRUIJN, E.J.; FISSCHER, O.A.M.; STEENHUIS, H.-J. *Achieving sustainability three dimensionally*, IEEE Proceedings ICMIT, 2008.

ASIF, M.; de BRUIJN, E.J.; FISSCHER, O.A.M.; PAGELL, M. *Integration of management systems: a methodology for operational excellence and strategic flexibility*, Operations Management Research, vol. 3, p. 146-160, 2010.

ATLAS, M.; FLORIDA, R. *Green Manufacturing*; In DORF, R. (ed.) *Handbook of Technology Management*. CRC Press, 1998.

AYRES, R. *Industrial Metabolism: Theory and Policy*; The Greening of Industrial Ecosystems, ed. B.R.Allenby and D.J. Richards (Washington, D.C.: National Academy of Engineering), pp. 23–37; 1994.

AZZONE, G.; NOCI, G. *Identifying effective PMSs for the deployment of “green” manufacturing strategies*; International Journal of Operations & Production Management; vol. 18, nº 4; p. 308-335; 1998.

BALANÇO Energético do Estado de São Paulo 2011: Ano Base 2010. Secretaria de Energia - São Paulo, 2011. Disponível em:

<<http://www.energia.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/147.pdf>>.

Acesso em: 13 Ago. 2012.

BARTONE, C.R.; BENAVIDES, L. *Local Management of hazardous wastes from small-scale and cottage industries*, Waste Management & Research, vol. 15, n. 1, p. 3-21, 1997.

BERGMILLER, G. G.; McCRIGHT, P. R. *Are Lean and Green Programs Synergistic?*. In: Proceedings of the 2009 Industrial Engineering Research Conference, Miami, FL, USA. 2009a.

_____. *Lean manufacturers' transcendence to green manufacturing*. In: _____. Miami, FL, USA. 2009b.

_____. *Parallel models for lean and green operations*. In: _____. Miami, FL, USA. 2009c.

BERKEL, R. van; WILLEMS, E.; LAFLEUR, M. *The relationship between cleaner production and industrial ecology*, Journal of Industrial Ecology; Vol. 1; nº 1; 1997.

BERKEL, R. van *Evolution and diversification of National Cleaner Production Centres (NCPCs)*; Journal of Environmental Management, vol . 91, p. 1556-1565, 2010.

BOLWIJN, P.T.; KUMPE, T. *Manufacturing in the 1990's - productivity, flexibility and innovation*, United Kingdom: Long Range Planning, v.23, n.4, p.47-57, 1990.

CETESB *Produção e Consumo Sustentáveis*. CETESB-SP. [199-]. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia-ambiental/Producao-e-Consumo-Sustentavel/7->>. Acesso em: 14 Jul.2010.

CHIARINI, A. *Integrating Lean Thinking into ISO9001: a first guideline*, International Journal of Lean Six Sigma, vol. 2, n. 2, p. 96-117, 2011.

CLARK, G. *Evolution of the global sustainable consumption and production policy and the United Nations Environment Programme's (UNEP) supporting activities*. Journal of Cleaner Production, v. 15, n. 6, p. 492-498, 2007.

CNTL-Senai *O que é Produção mais Limpa?* SENAI-RS. [1995]. Disponível em: <<http://www.senairs.org.br/cntl>>. Acesso em 14 Jul. 2010.

CMC *A Vision for the U.S. Metal Casting Industry: 2002 and Beyond*. Cast Metals Coalition. Metals&Mining; Industrial Technologies Programm; Energy Efficiency and Renewable Energy; US-Department of Energy. 2002. Disponível em: <<http://www1.eere.energy.gov/manufacturing/resources/metalcasting/pdfs/mcvision.pdf>>. Acesso em: 24 Out.2011.

COMM, C.L.; MATHAISEL, D.F.X. *A case study in applying lean sustainability concepts to universities*; International Journal of Sustainability in Higher Education; vol. 6; nº 2; p. 134-146; 2005.

COSTA, L. A. V.; IGNACIO, R. P.. *Relações de Consumo x Meio Ambiente: Em busca do Desenvolvimento Sustentável*. Âmbito Jurídico, Rio Grande, XIV, n. 95, dez 2011. Disponível em: <http://www.ambito-juridico.com.br/site/?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=10794&revista_caderno=5>. Acesso em: 20 jun. 2012.

DALQUIST, S.; GUTOWSKI, T. *Life cycle analysis of conventional manufacturing techniques: sand casting*; in 2004 ASME International Mechanical Engineering Congress & Exposition; 13-19. nov. 2004. Anaheim, California, Proceedings of IMECE2004.

DENNIS, P. *Produção Lean simplificada*, tradução Rosalia Angelina Neumann Garcia. Porto Alegre: Bookman, 192 p. 2008.

DONG, X.; LI, C.; LI, J.; WANG, J.; HUANG, W. *A game-theoretic analysis of implementation of cleaner production policies in the Chinese electroplating industry*; Resources, Conservation and Recycling; vol. 54; p. 1442-1448; 2010.

DURHAM, D.R. *Environmentally Benign Manufacturing: current practice and future trends*; JOM Journal of the Minerals, Metals and Materials Society; vol. 54; nº 5; p. 34-37; May 2002.

DREJER, A; BLACKMON, K.; VOSS, C. *Worlds apart? – a look at the operations management area in the US, UK and Scandinavia*, Scandinavian Journal of Management, vol 16, pp. 45-66, 2000.

EDWARDS, S. *A new way of thinking: the Lowell Center framework for sustainable products*. Lowell Center for Sustainable Production, University of Massachusetts Lowell, Lowell, MA, 2009

ELIAS, S.J.B.; MAGALHÃES, L.C. *Contribuição da produção enxuta para obtenção de produção mais limpa*; XXIII ENEGEP – Ouro Preto; 2003.

EPUSP *Diretrizes para apresentação de dissertações e teses*. Divisão de Bibliotecas da Universidade de São Paulo. 3ª. ed. São Paulo. 2006.

FEURER, R.; CHAHARBAGHI, K.; WARGIN, J. *Developing creative teams for operational excellence*, International Journal of Operations & Production Management, vol. 16, n. 1, p. 5-18, 1996.

FLORIDA, R. L. *Lean and green: the move to environmentally conscious manufacturing*. California Management Review, Vol. 39. N. 1. 1996.

FLORIDA, R.; ATLAS, M.; CLINE, M. *What makes companies green? Organizational and geographic factors in the adoption of environmental practices*; Economic Geography, 77.3, pp 209-224, Jul. 2001.

FLORIDA, R.; DAVISON, D. *Gaining from green management: Environmental management systems inside and outside the factory*; California Management Review, vol. 43; n. 3; p. 64-85; Mar.2001.

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

FRIJNS, J.; van VLIET, B. *Small-scale industry and cleaner production strategies*; World Development; vol. 27; n. 6; 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*; Business, Strategy and the Environment; vol. 16; p. 571-584; 2007.

GAGNON, S. *Resource-based competition and the new operations strategy*, International Journal of Operations & Production Management; v. 19; n. 2; p. 125-138; 1999.

GARDNER, G.; ASSADOURIAN, E.; SARIN, R. *O estado do consumo hoje*. Worldwatch Institute, Estado do Mundo, Cap. 1; p. 3 – 27; 2004.

GIANNETTI, B.F.; BONILHA, S.H.; SILVA, I.R.; ALMEIDA, C.M.V.B. *Cleaner production practices in a medium size gold-plated jewelry company in Brazil: when little changes make the difference*; Journal of Cleaner Production; vol. 16; p. 1106-1117; 2008.

GLAVIC, P.; LUKMAN, R. *Review of sustainability terms and their definitions*; Journal of Cleaner Production; vol. 15; p. 1875-1885; 2007.

GFN *World Footprint: Do we fit on the planet?* Global Footprint Network. [2011]. Disponível em: <http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/world_footprint/>. Acesso em 27/11/2011.

HART, S. L. *How green production might sustain the world*. Journal of the Northwest Environment, v. 10, n. 1, p. 4-14, 1994.

HICKS, B.J. *Lean Information Management: understanding and eliminating waste*; International Journal of Information Management; vol. 27; p. 233-249; 2007.

HILL, T. *Manufacturing Strategy: The strategic management of the manufacturing function*, McMillan, 2ª ed., 1993 .

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

HILSON, G. *Barriers to implementing cleaner production technologies and cleaner production (CP) practices in the mining industry: a case study of the Americas*; Minerals Engineering, vol13, no. 7, pp 699-717, 2000.

HINES, P.; RICH, N. *The seven value stream mapping tools*, International Journal of Operations & Production Management, vol. 17, n. 1, pp. 46-64, 1997.

HOGAN, D. J. *Mobilidade populacional e meio ambiente*. Revista Brasileira de estudos de população, v. 15, n. 2, p. 83-92, 1998.

IMAI, M. *Kaizen: A estratégia para o sucesso competitivo*, Trad. Instituto IMAM, São Paulo: IMAM, 4ª ed. 1992, 236 pp. Obra original *Kaizen: The key to Japan's competitive success*, The Kaizen Institute Ltd., 1986.

IMP Informações dos Municípios Paulistas, *Serviços de Informação ao Cidadão: consumo de energia elétrica residencial em 2010*. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Regional, Fundação SEADE. Disponível em: <http://www.seade.gov.br/produtos/imp/index.php?page=tabela>. Acesso em 18 Jun. 2012.

JACOBI, P. *Sustentabilidade ambiental, consumo e cidadania*. Ambiente & Sociedade, Campinas, v. 9, n. 1, June 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414753X2006000100010&lng=en&nrm=iso. Acesso em 04 Jun. 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1414-753X2006000100010>.

JOHNSON, D.; SUN, J.; JOHNSON, M. *Integrating multiple manufacturing initiatives: challenge for automotive suppliers*, Measuring Business Excellence, vol. 11, n. 3, p. 41-56, 2007.

JULIEN, D.M.; TIAHJONO, B. *Lean Thinking implementation at a safari park*, Business Process Management Journal, vol. 15, n. 3, p. 321-335, 2009.

KAPLAN, R. *Measures of manufacturing excellence*, Harvard Business School, 1990.

KING, A.A.; LENOX, M.J. *Lean and green? An empirical examination of the relationship between lean production and environmental performance*, Production and Operations Management, vol. 10; nº 3; p. 244-256; 2001.

KJAERHEIM, G. *Cleaner production and sustainability*, Journal of Cleaner Production, vol. 13; p. 329-339; 2005.

KLEINDORFER, P.R.; SINGHAL, K.; WASSENHOVE, L.N. van *Sustainable Operations Management*; Production and Operations Management; vol. 14, nº 4; p. 482-492; 2005.

LEAN INSTITUTE BRASIL *Léxico Lean: Glossário ilustrado para praticantes do Pensamento Lean*, Lean Institute Brasil, 2003.

LEWIS, M.A. *Lean production and sustainable competitive advantage*; International Journal of Operations & Production Management; vol. 20; n. 8; p. 959-978; 2000.

LIKER, J. K. *O Modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo*, trad. Lene Belon Ribeiro, Porto Alegre: Bookman, 2005.

Longbottom, D.; Hilton, J. *Service improvement: lessons from the UK financial services sector*, International Journal of Quality and Service Sciences, vol. 3, n. 1, p. 39-59, 2011.

LOWELL *What is sustainable production?* Lowell Center for Sustainable Production, University of Massachusetts Lowell. [1995]. Disponível em: <<http://www.sustainableproduction.org/about.what.php>>. Acesso em: 20 mar. 2011.

LUKEN, R. A.; NAVRATIL, J. *A programmatic review of UNIDO/UNEP national cleaner production centres* ; Journal of Cleaner Production, vol 12, p. 195-205; 2004

MACIEL, C.B.; MORAES, C.A.M.; TEIXEIRA, C.E.; SCHNEIDER, I.A. *Minimização da geração de areia de fundição utilizando ferramentas do programa de Produção mais Limpa*; 2nd. International Workshop Advances in Cleaner Production; São Paulo; 2009.

MANZAN, R. MIYAKE, D. I. *A Study on alternative approaches to bring in environmental concerns to the domain of production management in industrial firms*. 5th Global Management Conference Proceedings , Rio de Janeiro. 2012

_____. *A Study on Alternative Approaches to Instill Environmental Concerns in the Domain of Production Management of Industrial Firms*. Journal of Technology Management & Innovation, v. 8, n. 3, p. 198-207, 2013.

MANZAN, R.; MIYAKE, D. I.; CAMPANA, R.C.; BARROS, T.R. *Buscando a Produção mais Limpa por meio da Produção Enxuta: Estudo de Casos em Indústrias de Fundição*. Proceedings of 4th International Workshop - Advances in Cleaner Production. São Paulo. Mai/2013.

MAXWELL, D.; van der VORST, R. *Developing sustainable products and services*. Journal of Cleaner Production, v. 11, p. 883-895, 2003.

MAYHOOK, A. *Lean, Keen and Green*. Chemical Engineer-London, Vol. 582, p. 19-20, 1995.

McLEOD, C.A.; TERASAWA, M.; YAMAMURA, E. *International Environment Management Imbalance*, Journal of Environmental Management, Vol. 45, p. 45-71, 1995.

MEREDITH, J. *Building operations management theory through case and field research*. Journal of Operations Management, v. 16, p. 441-454, 1998.

MELLO, L. F.; HOGAN, D. J. *População, consumo e meio ambiente*. ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, v. 15, 2006. Disponível em: <http://www.ence.ibge.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=ffdc3fcc-82d2-4c75-b018-4dcff4954ec8&groupId=37690208>. Acesso em: 21 jun. 2011.

MIGUEL, P.A.C. (Org.) *Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações*. 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MIJANOVIC, K.; KOPAC, J. *Environmental management inside production systems*. Journal of Materials Processing Technology, v. 162-163, p. 759-765, 2005.

MILLER, G.; PAWLOSKI, J.; STANDRIDGE, C. *A case study of lean, sustainable manufacturing*, Journal of Industrial Engineering and Management, v. 3, n. 1, p. 11-32, 2010.

MMA. *Plano de Ação para Promoção da Produção e Consumo Sustentáveis – Consulta Pública*, Ministério do Meio Ambiente, Brasil, set. 2010.

_____. *Plano de Ação para Produção e Consumo Sustentáveis - PPCS* Ministério do Meio Ambiente. Brasil. 2011. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/>

[publicacoes/responsabilidade-socioambiental/category/90-producao-e-consumo-sustentaveis>](#). Acesso em: 21 Out. 2012.

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

MULDER, K. *Sustainable consumption and production of plastics?*, Technological Forecasting and Social Change, vol. 58, p. 105-124, 1998.

NEWMAN, W.R.; HANNA, M.D. *An empirical exploration of the relationship between manufacturing strategy and environmental management – Two complementary models*, International Journal of Operations & Production Management, v. 16, n. 4, p. 69-87, 1996.

OHNO, T. *O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala*, Trad. Cristina Schumacher, Porto Alegre: Artes Médicas, 1997, 150pp. Obra original *Toyota Production System: beyond large scale production*, New York: Productivity Press, 1988.

PAILTHORP, R. *Alternatives to End-of-Pipe treatment*, Civil Engineering, vol. 47, n. 2, p. 49-52, 1977.

PAPADOPOULOS, T.; *Continuous Improvement and dynamic actor associations - A study of lean thinking implementation in the UK National Health Service*; Leadership in Health Services, vol. 24, n. 3, p. 207-227, 2011.

PEDERSEN, E.R.G.; HUNICHE, M. *Negotiation Lean – The fluidity and solidity of new management technologies in the Danish public sector*, International Journal of Productivity and Performance Management, vol. 60, n. 6, p. 550-566, 2011.

PIL, F.K.; ROTHENBERG, S. *Environmental performance as a driver for superior quality*, Production and Operations Management, vol 12, nº 3, p. 404-415, 2003.

PIMENTEL, D.; BAILEY, O.; KIM, P.; MULLANEY, E.; CALABRESE, J.; WALMAN, L.; NELSON, F. YAO, X. *Will limits of the Earth's resources control human numbers?* Environment, Development and Sustainability, n. 1, p. 19-39, 1999.

PNUMA *Eficiência de recursos: Consumo e Produção Sustentável*. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente; [2003]. Disponível em: <<http://www.unep.org.br/interna.php?id=53>>. Acesso em: 20 mar. 2011.

PUVANASVARAN, A. P.; KERK, Robert ST; MUHAMAD, M. R. *Principles and business improvement initiatives of lean relates to environmental management system*. In: Technology Management Conference (ITMC), 2011. IEEE International. IEEE, 2011. p. 439-444.

PYZDEK, T. *Uma ferramenta em busca do defeito zero*, HSM Management, v. 3, n. 38, p. 64-70, 2003.

RAO, P. *Greening production: a South-Asian experience*; International Journal of Operations & Production Management; vol. 24; nº 3; p. 289-320; 2004.

RAO, P.; HOLT, D. *Do green supply chains lead to competitiveness and economic performance?*; International Journal of Operations & Production Management; vol. 25; nº 9; p. 898-916; 2005.

REPETTO, R. *Economic Incentives for Sustainable Production*. The Annals of Regional Science, v. 21, n. 3, p. 44-59, 1987.

RIBEIRO, F. M.; PACHECO, J. W. F. Cleaner production at a local environmental agency: a case study of São Paulo State, Brasil, in GIANNETTI, B. F.; ALMEIDA, C. M. V. B.; BONILLA, S. H. (editors) "*Advances in Cleaner Production – Volume I*", New York: Nova Science Publishers, pp. 59-96, 2011.

ROBERT, K.-H; SCHIMIDT-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.

ROCHA, M.; SEARCY, C.; KARAPETROVIC, S. *Integrating Sustainable development into existing Management Systems*, Total Quality Management & Business Excellence, vol. 18, n.1-2, p. 83-92, 2007.

RODRIGUEZ, M.A.; RICART, J.E.; SANCHEZ, P. *Sustainable development and the sustainability of competitive advantage: a dynamic and sustainable view of the firm*; Creativity and Innovation Management; vol. 11; n. 3; September 2002.

RONDINELLI, D.; VASTAG, G. *Panacea, common sense or just a label? The value of ISO14001 Environmental Management Systems*, European Management Journal, v. 18, n. 5, p. 499-510, 2000.

ROTHENBERG, S.; PIL, F. K.; MAXWELL, J. *Lean, Green and the quest for superior environmental performance*; Production and Operations Management; vol. 10; n. 3; 2001.

RUSINKO, C.A. *Green manufacturing: an evaluation of environmentally sustainable manufacturing practices and their impact on competitive outcomes*; IEEE Transactions on Engineering Management; vol. 54; n. 3; August 2007.

SAE *Implementation of Lean Operation Manual- SAE J4001*. Surface Vehicle Recommended Practice. SAE: The Engineering Society for Advancing Mobility Land Sea Air and Space International. 12 p. Nov. 1999.

SANTOS, G.; MENDES, F.; BARBOSA, J. *Certification and integration of management systems: the experience of Portuguese small and medium enterprises*, Journal of Cleaner Production, vol 19, p. 1965-1974, 2011.

SANCHEZ, A. M.; PEREZ, G.P. *Lean indicators and manufacturing strategies*; International Journal of Operations & Production Management; vol. 21; n. 11; p. 1433-1451; 2001 .

SAWHEY, R.; TEPARHKUL, P.; ARUNA, B.; LI, X. *En-Lean: a framework to align lean and green manufacturing in the metal cutting supply chain*, International Journal of Enterprise Network Management, vol.1, n.3, pp.238 – 260, 2007.

SCHOR, T. *O automóvel e o desgaste social*. São Paulo Perspec., São Paulo, v. 13, n. 3, Sept. 1999 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-88391999000300014&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: Jun. 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-88391999000300014>.

SIMÕES, A. F.; BAJAY, S. V. *Oportunidades de eficiência energética para a indústria: relatório setorial: fundição* Brasília: CNI – Ministério de Minas e Energia, 2010. 47 p.

SHARMA, M.; KODALI, R. *Development of a framework for manufacturing excellence*, Measuring Business Excellence, vol. 12, n. 4, p. 50-66, 2008.

SITARZ, D. (ed.) *Agenda 21: The Earth Summit strategy to save the planet*. United States Boulder. Earth Press. 1993.

STIGKITZ, J. E.; SEN, A.; FITOUSSI, J. P. *Report by the commission on the measurement of economic performance and social progress*. Comission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress. 2009. Disponível em <<http://www.stiglitz-sen-fitoussi.fr/en/index.htm>> Acesso em 22.jun. 2011.

TORRES, A. S.; GATI, A. M. *Environmental value stream mapping (EVSM) as sustainability management tool*. Management of Engineering & Technology, 2009. PICMET 2009. Portland International Conference on. IEEE, 2009. p. 1689-1698.

UNIDO *Independent evaluation of the UNIDO-UNEP Cleaner Production Programme*, United Nations Industrial Development Organization, Evaluation Group, Vienna, Austria, 2008. Disponível em <http://www.unep.org/eou/Portals/52/Reports/Evaluation_of_UNIDO-UNEP_Cleaner_Production.pdf>. Acesso em: 20 Jun. 2012.

UNIDO; *Cleaner Production definition*. United Nations Industrial Development Organization. 1991. Disponível em: <<http://www.unido.org/en/what-we-do/environment/resource-efficient-and-low-carbon-industrial-production/cp/cleaner-production.html>>. Acesso em: 27 Fev. 2011.

_____. *Cleaner Production Toolkit, vol. 1 to 12*; United Nations Industrial Development Organization. 1991b. Disponível em <<http://www.unido.org/en/resources/publications/energy-and-environment/industrial-energy-efficiency/cp-toolkit-english.html>>. Acesso em: 12 Dez. 2011.

UNITED NATIONS *Millenium Development Goals: Report 2005*. Department of Public Information. United Nations. New York. 2005.

UNNIKRISHNAN, S.; HEDGE, D.S. *Environmental training and cleaner production in Indian industry – A micro-level study*; Resources, Conservation and Recycling, vol. 50, p. 427-441, 2007.

US-EPA *Lean Manufacturing and the Environment: Research on Advanced Manufacturing Systems and the Environment and Recommendations for Leveraging*

Better Environmental Performance. United States Environmental Protection, Solid Waste and Emergency Response, Policy, Economics & Innovation, EPA100-R-03-005, October 2003. Disponível em <http://www.epa.gov/innovation/lean.htm> Acesso em: 12 nov. 2010.

_____. *The lean and enviroment toolkit: Identify and eliminate waste reduce business costs and risk improve environmental results*. United States Environmental Protection, Lean Manufacturing and Environment Initiative, January 2006. Disponível em <http://www.epa.gov/innovation/lean.htm>. Acesso em: 12 nov. 2010.

VEIGA, J. E. *Indicadores socioambientais: evolução e perspectivas*; Revista de Economia Política; vol. 29; nº 4 (116); p. 421-435; Out-Dez. 2009.

VELEVA, V.; HART, M.; GREINER, T.; CRUMBLEY, C. *Indicators of Sustainable Production*. Journal of Cleaner Production, v. 9, n. 5, p. 447-452, 2001.

VELEVA, V.; ELLENBECKER, M. *Indicators of sustainable production: framework and methodology*; Journal of Cleaner Production, vol. 9, p. 519-549, 2001.

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N., FROHLICH, M. *Case research in operations management*, International Journal of Operations & Production Management, vol. 22, n. 2, pp. 195-219, 2002.

VUPPALAPATI, K.; AHIRE, S.L.; GUPTA, T. *JIT and TQM: a case for joint implementation*, International Journal of Operations & Production Management, v. 15, n. 5, p. 84-94, 1995.

WACKERNAGEL, M.; SCHULZ, N.B.; DEUMLING, D.; LINARES, A.C.; JENKINS, M.; KAPOV, V.; MONFREDA, C.; LOH, J.; MYERS, N.; NORGAAARD, R.; RANDERS, J. *Tracking the ecological overshoot of the human economy*, PNAS, v. 99, n. 14, p. 9266-9271, 2002.

WARWOOD, S. J.; KNOWLES, G. *An investigation into 5-S japanese practice in the UK industry*, The TQM Magazine, v. 16, n. 5, pp. 347-353, 2004.

WACKERNAGEL, M.; ONISTO, L.; BELLO, P.; LINARES, A.C.; FALFAN, I.S.L.; GARCIA, J.M.; GUERRERO, A.I.S.; GUERRERO, M.G.S. *National natural capital accounting with the ecological footprint concept*, Ecological Economics, v. 29, p. 375-390, 1999.

WEIZSÄCKER, E.U.von; LOVINS, A.; LOVINS, L.H. *Factor four*, Earthscan, London, 1995.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. *A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza*, Trad. Ana Beatriz Rodrigues, Priscila Martins Celeste, Rio de Janeiro: Campus, 1998, 428pp. Obra original *Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*, New York: Simon and Schuster, 1996.

WOMACK, J.; JONES, D.; ROOS, D. *A máquina que mudou o mundo*, Tradução de Ivo Korytowski, Rio de Janeiro: Campus, 1992. Do original: *The machine that changed the world*, New York: Simon and Schuster, 1990.

WWF *Relatório Planeta Vivo: biodiversidade, biocapacidade e desenvolvimento*. Disponível em: <<http://www.wwf.org.br/informacoes/biblioteca/?4420>>. Acesso em: 23 set. 2010.

YANG, M.G.; HONG, P. MODI, S.B. *Impact of lean manufacturing and environmental management on business performance: An empirical study of manufacturing firms*, International Journal of Production Economics, v. 129, p. 251-261, 2011.

YIN, R. *Case Study Research*, Sage Publications, Beverly Hills, CA, 1994.

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

ZHU, Q.; SARKIS, J. *relationships between operational practices and performance among early adopters of green supply chain management practices in Chinese manufacturing enterprises*, Journal of Operations Management, vol. 22, p. 265-289, 2004.

ZIMINA, D.; PASQUIRE, C. L. *Applying lean thinking on commercial management*, Journal of Financial Management of Property and Construction, vol. 16, n. 1, p. 64-72, 2011.

APÊNDICE 1

PROTOCOLO DE PESQUISA

Este protocolo descreve os procedimentos que devem ser seguidos para cada estudo de caso.

1. ESCOPO DO TRABALHO

Indústrias de fundição.

2. CONTEXTO DA PESQUISA

Práticas de gestão de produção, do sistema da qualidade e do sistema ambiental.

3. MODELOS OBJETOS DE ESTUDO

Os modelos escolhidos para serem objetos da presente pesquisa foram selecionados de acordo com os critérios descritos no Capítulo 6 do trabalho. Dessa maneira, os modelos da PE e da P+L representados nas Figuras 8 e 20 serão avaliados na forma dos quesitos estabelecidos nos Quadros 13 e 14.

4. PERFIL DO ENTREVISTADO

Diretor, gerente ou supervisor de produção, responsável pelo SGQ ou responsável pelo SGA.

5. EXECUÇÃO DE UM TESTE-PILOTO

Uma primeira entrevista será conduzida pelo pesquisador, utilizando o mesmo protocolo descrito nos próximos itens. Ao final do relatório dessa primeira entrevista, o pesquisador deverá revisar o presente protocolo com os ajustes que achar necessário em termos de divisão de tempo e formulação de quesitos. Essa primeira entrevista, que será um teste-piloto do protocolo, poderá ser descartada do conjunto

do estudo ou, então, refeita a critério do pesquisador e da quantidade de ajustes que tenha feito no protocolo.

6. PREPARAÇÃO PRÉ-VISITA

O Diretor ou Gerente de Produção da empresa selecionada deverá receber um *e-mail* com a descrição e os objetivos do trabalho, bem como uma cópia do roteiro de pesquisa para avaliação da empresa.

A descrição do trabalho deverá constar a forma que será realizada a entrevista e o tempo estimado para o preenchimento de todos os quesitos. Além disso, é necessário solicitar autorização para que, além da entrevista, seja autorizada a visita do entrevistador às instalações da Fábrica para colher evidências *in loco* dos temas tratados na entrevista.

Aguardar por, no máximo, cinco dias a resposta ao *e-mail* e reenviar o mesmo solicitando um retorno.

Confirmada a visita, iniciar o preenchimento da primeira página do roteiro de entrevista, com dados sobre a empresa verificados em folhetos, catálogos e páginas da internet.

7. COLETA DE DADOS

A duração estimada da entrevista, incluindo a visita será de 2h00 a 2h30.

Os primeiros 15 minutos serão dedicados à explicação dos objetivos do trabalho e ao levantamento de dados para caracterização da empresa: número de funcionários, capacidade de produção, mercado consumidor, missão e metas da empresa e certificações.

Inicia-se a entrevista seguindo o roteiro do Apêndice 2, com os quesitos referentes às práticas da PE. Após preenchidos os 19 quesitos, continua-se com o Apêndice 3, com os 14 quesitos referentes à P+L.

As avaliações vão sendo anotadas na hora da entrevista, na frente do entrevistador, sempre confirmando, em voz alta, a avaliação anotada para que o entrevistado confirme a avaliação. Essas avaliações serão feitas através de breves

anotações e também pela atribuição de uma nota preliminar, de acordo com as informações prestadas na entrevista e com o esquema de avaliação indicado na Figura 4.

Cada quesito tem que ter seu significado explicado, de acordo com as definições dadas pela literatura e constantes do próprio roteiro de entrevista.

Após cerca de 1h00 a 1h30 encerra-se esta etapa, colocando-se à disposição do entrevistado para esclarecer alguma dúvida que tenha restado. A etapa final da coleta de dados é feita através de uma visita rápida às instalações, de modo que o pesquisador possa coletar evidências que confirmem ou não as avaliações que acabou de registrar.

Nesta visita é necessário observar as informações dos quadros de avisos, tanto em relação ao conteúdo quanto à atualização dos dados e das informações. No ambiente de Fábrica, o observador poderá rapidamente identificar a organização e a limpeza do ambiente de trabalho. Observando algum equipamento aleatoriamente, será possível levantar evidências da existência de instrução de trabalho, fichas de produção, fichas de controle de qualidade e anotações de manutenções preventivas realizadas.

O pesquisador deverá solicitar ao entrevistado que o leve até algum dispositivo de parada automática de máquina em caso da ocorrência de problemas de qualidade. Também deverá solicitar ao entrevistado que o leve ao quadro de metas de produção e qualidade.

Por fim, o pesquisador deverá solicitar uma visita às estações de tratamento e reciclagem que houver, assim como a possibilidade de apresentar resultados de melhorias obtidas em reduções de consumo e de emissões, bem como o acompanhamento das metas estipuladas.

A entrevista encerra-se após a visita. O pesquisador deverá então, no mesmo dia ou no dia seguinte, proceder a uma revisão da avaliação de cada um dos quesitos, levando em consideração as informações dadas pelo entrevistado e suas próprias observações, feitas *in loco*, atribuindo as notas definitivas à pesquisa.

8. ESQUEMA DE PONTUAÇÃO

A avaliação é baseada no esquema preconizado na norma SAE J4001 para avaliação da PE na indústria automobilística. Utiliza um sistema de assertiva para cada um dos quesitos avaliados e atribui notas de 0 a 3 para o grau de correspondência da situação verificada em relação à assertiva proposta. O esquema de pontuação está ilustrado na Figura 4 do trabalho.

9. ROTEIRO DE ENTREVISTA

Os roteiros de entrevistas são encontrados nos Apêndices 2 e 3. Cada quesito corresponde à avaliação de uma prática da PE ou de um princípio da P+L, conforme modelos selecionados a partir do referencial teórico do trabalho, apresentados no Capítulo 4.

10. TABULAÇÃO DOS DADOS

As avaliações de cada quesito e para cada fundição deverão ser lançados em duas planilhas de cálculo, uma para a aderência às práticas da PE e outra para a aderência aos princípios da P+L. Esses valores serão somados para cada empresa e comparados percentualmente com as notas máximas possíveis de serem atingidas. Na última linha, então, estará o resultado da aderência de cada empresa, expresso em termos percentuais.

11. ESTRATIFICAÇÃO DOS DADOS

A tabela para apresentação dos dados deverá ser organizada com os dados de cada fundição dispostos em colunas. A sequência das fundições deverá ser feita da esquerda para a direita, em ordem crescente do valor de aderência às práticas da PE, para facilitar a leitura e análise dos dados. As fundições também deverão ser identificadas e estratificadas pela existência ou não de uma certificação de SGA (ISO 14001). Dessa estratificação decorrerão mais duas colunas à tabela, com os valores

médios de cada estrato. Além disso, por último, será acrescentada uma coluna com uma média geral das avaliações das 10 fundições para cada quesito pesquisado.

12. TRATAMENTO DOS DADOS PARA ANÁLISE

Os dados coletados e resumidos para apresentação em duas tabelas (Tabela 5 e Tabela 6) serão discutidos e analisados da seguinte maneira:

- Para cada quesito pesquisado será registrada uma discussão dos dados em conjunto das empresas, destacando os pontos comuns e divergentes entre elas, além de destaques de avaliações fora da média. Essa discussão será alimentada pela observação dos dados de cada linha da Tabela e das anotações feitas pelo pesquisador durante as entrevistas. A discussão também deverá levar em conta a diferença encontrada em comparações com os grupos estratificados.
- Os conjuntos de pares de valores de aderência referentes a cada empresa, tomados na última linha de ambas as tabelas, devem ser lançados em um quadrante formado por dois eixos ortogonais. O eixo horizontal representa os valores de aderência às práticas da PE enquanto que o eixo vertical representa os valores de aderência aos princípios da P+L. A distribuição desses 10 pares de valores de aderência revelarão, graficamente, a correlação existente entre a aderência aos dois modelos objetos de pesquisa. A análise dessa correlação e da distribuição dos pontos no quadrante será o argumento necessário para a resposta à primeira questão de pesquisa (Q1).
- A análise da distribuição dos resultados de aderência no gráfico construído deve também levar em conta os resultados dos grupos estratificados. Essa análise permitirá responder à segunda questão de pesquisa (Q2), sobre a influência da existência de uma certificação do SGA sobre os resultados das empresas. Essa análise também consistirá na construção de dois outros gráficos, com a separação dos resultados em dois grupos de empresas (com ISO 14001 e sem ISO 14001). Será feito um gráfico para mostrar a distribuição da aderência às práticas da

PE e outro para a aderência aos princípios da P+L. No eixo horizontal aparecem dois pontos: empresas com ISO 14001 e empresas sem ISO 14001. No eixo vertical são lançados os valores de aderência das 10 empresas. A análise quantitativa dos valores médios de aderência alcançados pelos dois estratos também pode ser utilizada.

- Por fim, a análise que levará à resposta à terceira questão de pesquisa (Q3) é a que considerará os valores alcançados por cada quesito da P+L, comparados com a melhoria que alcançaram nas empresas com certificação ISO 14001. Deverão ser identificados aqueles quesitos da P+L que não alcançaram uma melhoria substancial. Dessa maneira, os princípios por eles representados ficam parcialmente atendidos pelas ações de gerenciamento de produção e demandaria ações complementares para atingir um nível mais satisfatório.

APÊNDICE 2

ROTEIRO DE ENTREVISTA

ADERÊNCIA ÀS PRÁTICAS DA PE

APÊNDICE 2 – ROTEIRO DE ENTREVISTA

Busca da P+L por meio da promoção da produção enxuta

EMPRESA: _____

LOCALIZAÇÃO: _____

RAMO DE ATIVIDADE: _____

MERCADO CONSUMIDOR: _____

ANO DE FUNDAÇÃO: _____

NÚMERO DE FUNCIONÁRIOS: _____

FATURAMENTO ANUAL: _____

CAPACIDADE ANUAL: _____

CERTIFICAÇÕES: _____

Aderência às práticas da Produção Enxuta

Elementos do modelo da PE	Definições / Referências	Questões
FILOSOFIA DO MODELO DA PE	<p>Entre os objetivos da empresa (Objetivos, Metas, Missão) deve estar o “foco no cliente”. Existem metas de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Produtividade; - Qualidade; - Custo; - Tempo de entrega; - Segurança e meio-ambiente; - Moral <p>(DENNIS, 2008, p. 37-38); (SAE J4001 componente 4.7)</p>	<p>P01. Existem todos os seis (6) itens relacionados com foco no cliente nos objetivos da empresa.</p> <p>N0: Existem apenas 2 ou menos destas metas entre os objetivos da empresa;</p> <p>N1: Existem apenas 3 destas metas entre os objetivos da empresa;</p> <p>N2: Existem 4 ou 5 destas metas entre os objetivos da empresa;</p> <p>N3: Existem todas as metas entre os objetivos da empresa;</p>
GERENCIAMENTO VISUAL	<p>Os problemas que possam estar acontecendo na Fábrica podem ser controlados visualmente, de modo que nenhum possa ficar oculto, através de painéis e sinais facilmente identificáveis (quadros, cronogramas, fluxogramas, estatísticas, sinalizadores) (LEXICO LEAN, 2003, p. 28; LIKER, 2005, p. 154); (SAE J4001 componente 9.6)</p>	<p>P02. Fluxo de processo é controlado visualmente, dentro do processo.</p> <p>N0: Produção funciona por um cronograma pré-planejado, remoto. Planejamento tipo MRP pode estar em uso;</p> <p>N1: Implantação parcial do controle visual;</p> <p>N2: Atividades de produção são controladas por indicadores audíveis e visíveis, dentro dos ajustes de produção;</p> <p>N3 N2 mais evidencias de refinamentos durante os últimos 12 meses.</p>

	<p>A organização e limpeza da Fábrica através de práticas de 5S revelam problemas escondidos, agilizam a tomada de decisão e melhoram o ambiente de trabalho. As práticas de 5S são compostas de 5 fases: <i>Seiri</i> (separação, classificação e descarte); <i>Seiton</i> (organização); <i>Seiso</i> (limpeza); <i>Seiketsu</i> (padronização) e <i>Shitsuke</i> (continuidade) (LÉXICO LEAN, 2003, p. 9; LIKER, 2005, p. 155; DENNIS, 2008, p. 48-55); (SAE J4001 componente 9.1)</p>	<p>LP03. O ambiente de trabalho é limpo, bem organizado e auditado regularmente em relação às práticas de 5S.</p> <p>N0: Procedimentos não estão estabelecidos ou existem grandes inconsistências na sua implantação;</p> <p>N1: Procedimentos estão estabelecidos mas existem inconsistências menores na sua implantação. Procedimentos não são mantidos ou consistentemente seguidos;</p> <p>N2: Este componente está totalmente estabelecido e efetivamente implantado. Está colocado um programa estruturado de 5S e funcionando;</p> <p>N3: N2 mais evidências de refinamentos e melhorias na execução nos últimos 12 meses.</p>
PROCESSOS ESTÁVEIS E PADRONIZADOS	<p>Os registros e a padronização dos processos devem ser compostos por três elementos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ritmo, tempo <i>takt</i>: é a quantidade que deve ser produzida na unidade de tempo disponível, é o pedido do cliente dividido pelo prazo; revela o atraso ou adiantamento de cada etapa da produção. - Sequência de trabalho pré-determinada e exposta de maneira clara, de preferência de forma visual. - Quantidade mínima de estoque em processo, que são as peças necessárias para que o operador não fique parado na frente da máquina. <p>(LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003, p. 82; LIKER, 2005, p. 56, 106; DENNIS, 2008, p. 69-71); (SAE J4001 componentes 9.3 e 9.12)</p>	<p>LP04. Listas de Materiais (BOM) são cuidadosamente catalogadas e operações padrão são cuidadosamente roteirizadas, com tempos estabelecidos e examinadas sob a perspectiva da Engenharia de Valor.</p> <p>N0: Lista de Materiais e/ou operações padrão não são registradas ou não estão em uso;</p> <p>N1: Lista de Materiais e Operações Padrão estão em uso, mas não são precisas ou estão desatualizadas;</p> <p>N2: Atividades de manufatura correspondem às Listas de Materiais e Operações Padrão em uso. Segregação de produtos está estabelecida;</p> <p>N3: L2 mais evidências de refinamentos nos últimos 12 meses.</p> <p>LP05. Os métodos de trabalho padrão documentados que são utilizados distribuem e balanceiam as cargas do trabalhador de modo a eliminar desperdícios, para a gama de ritmos de trabalho (“takt time”) esperados.</p> <p>N0: Não é observada a utilização de métodos de trabalho padronizados;</p> <p>N1: Métodos de trabalho padronizados estão definidos mas raramente seguidos ou não são mostrados, ou desbalanceamentos corrigíveis na carga dos trabalhadores são observados;</p> <p>N2: Métodos de trabalho padronizados precisos são mostrados e seguidos em cada estação de trabalho, dentro daquele segmento de processo;</p> <p>N3: Demonstração de N2 mais evidências de redistribuições sucessivas de cargas de trabalho individuais assim que o ritmo de trabalho (“takt time”) é alterado em resposta a uma alteração da ordem de demanda</p>

	<p>Como função da estabilidade dos processos, a disponibilidade das máquinas depende de uma manutenção eficiente e constante, dividindo-se em três estágios:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Manutenção corretiva (passiva); - Manutenção preventiva (ativa); - Envolvimento total com os operadores. <p>(LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003, p. 45; LIKER, 2005, p. 52; DENNIS, 2008, p. 56); (SAE J4001 componente 9.2)</p>	<p>LP06. Existe um plano efetivo de manutenção preventiva planejada com serviços de manutenção apropriados sendo executados nas frequências prescritas para cada equipamento.</p> <p>N0: Manutenção é feita de forma corretiva;</p> <p>N1: Alguma manutenção preventiva é realizada, não existe nenhuma manutenção preditiva;</p> <p>N2: Existe um plano efetivo de manutenção preventiva planejada com a manutenção apropriada sendo executada nas frequências prescritas para cada equipamento e uma manutenção preditiva está sendo praticada onde indicado;</p> <p>N3: N2 mais evidências de refinamentos e melhoramentos na execução durante os últimos 12 meses.</p>
<p>PRODUÇÃO NIVELADA (HEIJUNKA)</p>	<p>A produção deve ser nivelada, diminuindo os estoques desnecessários ao longo das etapas de fabricação, acompanhando exatamente as variações na demanda do cliente, planejando-se um <i>mix</i> de produção para que todas as peças sejam consumidas na etapa seguinte (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003, p. 31; LIKER, 2005, p. 122-134; DENNIS, 2008, p. 43, 89); (SAE J4001 componente 9.5)</p>	<p>LP07. Sequência de produção é modulada em relação à demanda do cliente e a demanda é nivelada pelo período de planejamento da produção.</p> <p>N0: Programação de produção é reativa ao padrão de ordem imediata do cliente sem se importar com modulação ou nivelamento. Estão presentes acentuadas flutuações nos níveis de atividade da produção e na necessidade de mão de obra;</p> <p>N1: Algum planejamento de carga de máquina é feito por um período do planejamento de produção. Desvios do plano de MRP ocorrem regularmente, se existe a utilização de MRP;</p> <p>N2: Sequência de produção é modulada em relação à demanda do cliente e a demanda é nivelada pelo período de planejamento de produção;</p> <p>N3: N2 mais evidências de refinamentos nos últimos 12 meses.</p>

<p>UST-IN-TIME (SISTEMA PUXADO CONFORME RITMO DA DEMANDA)</p>	<p>O planejamento da produção obedece um ritmo padronizado, fluindo com a quantidade mínima necessária e pode utilizar o método <i>kanban</i> onde a atividade posterior define as atividades anteriores, ou seja, onde a demanda do cliente é que aciona a produção dos componentes do produto, na exata medida da sua reposição. (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003, p. 64; LIKER, 2005, p. 43; DENNIS, 2008, p. 101); (SAE J4001 componente 9.9)</p>	<p>LP08. O fluxo de produção inicia-se somente após o recebimento do pedido de embarque. Processo flui no compasso determinado pelo “takt time”, em quantidades unitárias, até o ponto de recebimento do cliente.</p> <p>N0: Técnicas de produção puxada não estão em uso; N1: Implantação parcial. Ocorre acumulação de estoques; N2: O fluxo de produção inicia-se somente após o recebimento do pedido de embarque. Processo flui no compasso determinado pelo “takt time”, em quantidades unitárias, até o ponto de recebimento do cliente; N3: L2 mais evidências de refinamentos e melhoramentos na execução durante os últimos 12 meses.</p>
<p>JUST-IN-TIME (TROCA RÁPIDA)</p>	<p>Dispositivos e ferramentas desenvolvidos para possibilitarem a diminuição do tempo de preparação para mudança de produção. (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003, p. 69; LIKER, 2005, p. 128; DENNIS, 2008, p. 36); (SAE J4001 componente 9.10)</p>	<p>LP09. Procedimentos estão estabelecidos e sendo seguidos, para proporcionar uma contínua diminuição do tempo de mudança de produção (<i>changeover</i>) e tamanhos de lotes menores.</p> <p>N0: Procedimentos e métodos de mudança de produção não são registrados; N1: Implantação parcial; N2: Atividades de mudança de produção são planejadas e executadas de maneira consistente. Históricos das mudanças de produção são registrados; N3: N2 mais contínua diminuição dos tempos de mudança de produção e diminuição dos tamanhos de lotes.</p>
<p>JUST-IN-TIME (FLUXO CONTÍNUO)</p>	<p><i>Lay-out</i> da produção por células ou por processos, com transporte manual ou automático de peças e materiais, visando a economia de tempo de deslocamento e de esforço. A movimentação das peças é por lote de tamanho mínimo possível (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003, p. 43, 50; LIKER, 2005, p. 105-113; DENNIS, 2008, p. 79); (SAE J4001 componente 9.11)</p>	<p>LP10. Layout da fábrica organizado para permitir um fluxo contínuo e sincronizado de materiais e a distância de percurso do produto dentro da fábrica é continuamente reduzida na medida em que fluxos de produção são melhorados.</p> <p>N0: Processos estão sendo conduzidos por método de batelada; N1: Fluxo existe, mas não é sincronizado ou existe acumulação em excesso de produtos em processamento em relação ao mínimo calculado; N2: Fluxo de produção é sincronizado sem excesso de acumulação de produtos em processamento; N3: Demonstração de N2 mais evidências de reduções sucessivas nas distâncias de percurso do produto pelo melhoramento do ritmo de produção.</p>

<p>JUST-IN-TIME (LOGÍSTICA INTEGRADA)</p>	<p>Ações que facilitem a manutenção de estoques mínimos, com fornecedores participando desse esforço de atender somente na quantidade e no momento necessário. A coordenação demanda uma troca de informações ágil e precisa, tanto com os fornecedores quanto com o cliente final. (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003, p. 43; LIKER, 2005, p. 43; DENNIS, 2008, p. 89); (SAE J4004 componente 7.3 adaptado)</p>	<p>LP11. Os fornecedores têm acordo de entrega em pequenos lotes de acordo com a necessidade.</p> <p>N0: Fornecedores não são incluídos no processo de revisão; N1: Existe um envolvimento incidental de fornecedores na programação de entregas; N2: Fornecedores participam de revisões periódicas da programação e mantém acordos de entregas de acordo com a necessidade; N3: N2 mais evidências de refinamento nos últimos 12 meses.</p>
<p>AUTONOMAÇÃO (PARADAS AUTOMÁTICAS) (POKA-YOKE)</p>	<p>A produção é interrompida imediatamente para correção de um defeito. A detecção é feita automática e continuamente por dispositivos instalados na máquina. Também podem ser utilizadas técnicas de <i>poka-yoke</i> para evitar procedimentos errados do operador. (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003, p. 36; LIKER, 2005, p. 136; DENNIS, 2008, p. 95)</p>	<p>LP12. Existem dispositivos instalados nas máquinas para detecção automática de defeitos ou são utilizadas técnicas de <i>poka-yoke</i> na operação e a produção é interrompida para solução imediata do problema.</p> <p>N0: Não existem dispositivos automáticos de detecção de defeitos; N1: Existem dispositivos de detecção, mas a produção não é interrompida para a solução imediata do problema; N2: Este componente está totalmente estabelecido e efetivamente implantado; N3: N2 mais evidências de refinamentos e melhorias na execução nos últimos 12 meses.</p>
<p>AUTONOMAÇÃO (ANDON)</p>	<p>Deve existir uma sinalização luminosa e sonora do andamento da produção e da ocorrência de problemas, com o objetivo de propiciar a rápida intervenção. (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003, p. 4; LIKER, 2005, p. 137, 157-159; DENNIS, 2008, p. 115)</p>	<p>LP13. Existe uma sinalização luminosa e sonora para sinalizar a ocorrência de um defeito em determinada etapa para que haja uma mobilização imediata para solução do problema.</p> <p>N0: Não existem dispositivos de sinalização visual para assinalar a ocorrência de um defeito; N1: Existem dispositivos de sinalização visual para assinalar a ocorrência de um defeito, mas não ocorre a mobilização para a solução imediata do problema; N2: Este componente está totalmente estabelecido e efetivamente implantado; N3: N2 mais evidências de refinamentos e melhorias na execução nos últimos 12 meses.</p>

<p>AUTONOMAÇÃO (SOLUÇÃO NA ORIGEM DOS PROBLEMAS)</p>	<p>Assim que problemas forem detectados, a verificação deverá ser pessoal e no local da ocorrência, sob uma sistemática de apuração dos “5 Por ques”, ou equivalente, da ocorrência do problema.</p> <p>(LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003, p. 8; LIKER, 2005, p. 139-142; DENNIS, 2008, p. 114); (SAE J4001 componente 9.8)</p>	<p>LP14. Ações preventivas, utilizando Métodos de Solução de Problemas padronizados, são tomadas e documentadas em cada ocorrência de não conformidade de produto ou de processo.</p> <p>N0: Nenhum método consistente de análise de causa-raiz é utilizado;</p> <p>N1: Análises de causa-raiz são executadas, mas a documentação é falha e incompleta. Ações preventivas são inconsistentes;</p> <p>N2: Ações preventivas, utilizando Métodos de Solução de Problemas padronizados, são tomadas e documentadas em cada ocorrência de não conformidade de produto ou de processo;</p> <p>N3: N2 mais evidencias de refinamentos e melhoramentos na execução durante os últimos 12 meses.</p>
<p>AUTONOMAÇÃO (CONTROLE DE QUALIDADE NO SETOR)</p>	<p>O controle da qualidade da produção deve ser descentralizado para ser mais eficiente e de atuação mais rápida, detectando os problemas na origem. Por esta razão, também, é que quanto mais próximo do fluxo unitário estiver organizada a produção, mais eficiente a ação e menor número de peças rejeitadas (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003, p.8; LIKER, 2005, p. 139-142; DENNIS, 2008, p. 114); (SAE J4001 componente 5.9 adaptado)</p>	<p>LP15. O grupo de trabalho do setor é responsável pela qualidade e pela melhoria contínua na sua área de atuação.</p> <p>N0: Não existe nenhuma responsabilidade de grupo;</p> <p>N2: Responsabilidade do Grupo para resultados de melhoramentos contínuos específicos está identificada e incluída no planejamento operacional da organização;</p> <p>N3: N2 mais evidencias de refinamentos nos últimos 12 meses.</p>

<p style="text-align: center;">MELHORIA CONTÍNUA (REDUÇÃO DE PERDAS)</p>	<p>A melhoria contínua é desenvolvida com estímulos à participação de todos os funcionários em pelo menos algumas das práticas desenvolvidas, sempre com foco principal na redução de desperdícios. Grupos formados para atividades de 5S e comitês de solução de problemas devem contar com autoridade para implantação da solução (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003, p.38; LIKER, 2005, p. 44; DENNIS, 2008, p. 78); (SAE J4001 componentes 5.8 e 5.12)</p>	<p>LP16. Desenvolvimento dos funcionários através de Grupos de Círculos de Qualidade / Melhoria Contínua é incentivada e promovida em todos os níveis.</p> <p>N0: Organização de Grupos não existe; N1: Organização em grupos existe, mas com autoridade e/ou responsabilidades indefinidas; N2: Um sistema de Grupos de Círculo de Qualidade / Melhoria contínua está em funcionamento em toda a organização com responsabilidades de resultados específicos identificados e incluída no planejamento operacional da organização; N3: N2 mais evidências de refinamentos nos últimos 12 meses.</p> <p>LP17. A alta gerência mantém as decisões e ações dos grupos com os recursos necessários, consistentes com as boas práticas do negócio.</p> <p>N0: Grupo não tem autoridade ou é responsável por eventos ou resultados sobre os quais não tem qualquer controle ou influencia. As ações do grupo não são reconhecidas ou mantidas pela alta direção; N2: O nível de autoridade e responsabilidade de cada grupo está escrito, entendido e mantido pela alta direção. Os recursos estão disponíveis e são consistentes com as necessidades do negócio.</p>
---	--	---

<p>MELHORIA CONTÍNUA (PESSOAS E EQUIPE DE TRABALHO)</p>	<p>A cultura da melhoria contínua se consolida com a aplicação do pensamento enxuto desde a seleção da equipe de trabalho, com estímulos à participação dos funcionários em treinamentos constantes, com a distribuição de tarefas e atribuição de responsabilidades para grupos de trabalhos e com premiações por resultados alcançados em relação a metas de redução de desperdícios e aumento de produtividade, definidas de comum acordo. (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003, p.38; LIKER, 2005, p. 44; DENNIS, 2008, p. 78).</p>	<p>LP18. Processo tem controle estatístico com os requisitos de capacidade sendo alcançados e a variabilidade do processo sendo continuamente reduzida. N0: Métodos estatísticos não são utilizados; N1: É feito algum registro estatístico. Ferramentas estatísticas não são utilizadas para reduzir a variabilidade dos processos ou para corrigir as causas-raiz da variabilidade; N2: Processo tem controle estatístico com os requisitos de capacidade sendo alcançados e a variabilidade do processo sendo continuamente reduzida. Ferramentas estatísticas são utilizadas para reduzir a variabilidade do processo; N3: N2 mais evidências de refinamentos durante os últimos 12 meses.</p> <p>LP19. Está implantado um sistema com incentivos significativos de premiação por progressos em produção enxuta. N0: Nenhum reconhecimento das contribuições dos progressos enxutos existe dentro da organização; N1: O reconhecimento da contribuição do progresso enxuto existe dentro da organização; N2: Membros da organização são reconhecidos pelos benefícios financeiros trazidos pelo progresso enxutos e dividem esses benefícios individualmente. Os benefícios compartilhados são atribuídos diretamente ao progresso enxuto dentro da organização; N3: N2 mais evidências de melhorias na execução nos últimos 12 meses</p>
---	---	---

APÊNDICE 3

ROTEIRO DE ENTREVISTA

ADERÊNCIA AOS PRINCÍPIOS DA P+L

APÊNDICE 3 – ROTEIRO DE ENTREVISTA

Busca da P+L por meio da promoção da produção enxuta

EMPRESA: _____

LOCALIZAÇÃO: _____

RAMO DE ATIVIDADE: _____

MERCADO CONSUMIDOR: _____

ANO DE FUNDAÇÃO: _____

NÚMERO DE FUNCIONÁRIOS: _____

FATURAMENTO ANUAL: _____

CAPACIDADE ANUAL: _____

CERTIFICAÇÕES: _____

Aderência aos princípios da P+L

<i>Princípios</i>	<i>Definições</i>	<i>Questões</i>
[PL1] BOA ARRUMAÇÃO	<p>INSTALAÇÕES APROPRIADAS, OPERAÇÕES PADRONIZADAS E PRÁTICAS E PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA.</p>	<p>CP01 O ambiente de trabalho é limpo, bem organizado e auditado regularmente em relação aos princípios da P+L.</p> <p>N0: Procedimentos não estão estabelecidos ou existem grandes inconsistências na sua implantação;</p> <p>N1: Procedimentos estão estabelecidos, mas existem inconsistências menores na sua implantação. Procedimentos não são mantidos ou consistentemente seguidos;</p> <p>N2: Este componente está totalmente estabelecido e efetivamente implantado;</p> <p>N3: N2 mais evidências de refinamentos e melhorias na execução nos últimos 12 meses.</p>
	<p>A disposição de máquinas, ferramentas, matéria prima deve ser adequada para prevenir vazamentos e derramamentos, garantir a operação padrão correta e facilitar procedimentos de manutenção preventiva.</p>	<p>CP02 Existe um plano efetivo de manutenção preventiva planejada com a manutenção apropriada sendo executada nas frequências prescritas para cada equipamento visando à economia de energia, controle de emissões e ruídos.</p> <p>N0: Manutenção é feita de forma corretiva;</p> <p>N1: Alguma manutenção preventiva é realizada, não existe manutenção preditiva;</p> <p>N2: Existe um plano efetivo de manutenção preventiva planejada com a manutenção apropriada sendo executada nas frequências prescritas para cada equipamento e uma manutenção preditiva está sendo praticada onde indicado;</p> <p>N3: N2 mais evidências de refinamentos e melhorias na execução nos últimos 12 meses.</p>
[PL2] MUDANÇA NA MATÉRIA-PRIMA	<p>SUBSTITUIÇÃO DE MATÉRIAS-PRIMAS POR OUTRAS MENOS PERIGOSAS, RECICLÁVEIS OU COM MAIOR CICLO DE VIDA ÚTIL.</p>	<p>CP03 Não são utilizados insumos ou matérias-primas perigosos ou não renováveis.</p> <p>N0: Não houve substituição das matérias-primas perigosas ou não renováveis;</p> <p>N1: Houve substituição de matérias-primas perigosas ou não renováveis, mas ainda existe algum risco para a saúde dos trabalhadores ou de danos para o meio-ambiente;</p> <p>N2: As matérias-primas utilizadas não oferecem danos ao trabalhador e nem provocam danos ao meio-ambiente;</p> <p>N3: N2 mais evidências de refinamentos e melhoramentos nos últimos 12 meses.</p>

	<p>Deve-se evitar a utilização de materiais perigosos, tóxicos e não-renováveis por outros menos perigosos e renováveis de modo a melhorar o ambiente de trabalho e diminuir a degradação provocada pela disposição dos produtos ao final da vida útil.</p>	<p>CP04 São utilizados insumos e matérias-primas reciclados em porcentagens significativas (acima de 50%).</p> <p>N0: Não são utilizados insumos ou matérias-primas recicladas;</p> <p>N1: São utilizados insumos e matérias-primas recicladas, mas em porcentagem menor que 50%;</p> <p>N2: São utilizados insumos e matérias-primas reciclados em porcentagens significativas (acima de 50%);</p> <p>N3: N2 mais evidências de refinamentos e melhoramentos nos últimos 12 meses.</p>
<p>[PL3] MELHOR CONTROLE DE PROCESSOS</p>	<p>ALTERAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE TRABALHO, INSTRUÇÕES DE MÁQUINA E REGISTROS DE PROCESSOS COM O OBJETIVO DE AUMENTAR A EFICIÊNCIA DOS PROCESSOS E DIMINUIR OS DESPERDÍCIOS E EMISSÕES GERADAS.</p> <p>O controle de processos deve incluir a registros de consumo de matérias primas, água, energia e emissões de modo a gerar metas e ações de redução, tornando a operação ambientalmente eficiente.</p>	<p>CP05 Processos tem controle estatístico com os requisitos de consumo de matéria-prima, energia e sucata sendo alcançados e a variabilidade do processo sendo continuamente reduzida.</p> <p>N0: Métodos estatísticos não são utilizados;</p> <p>N1: É feito algum registro estatístico. Ferramentas estatísticas não são utilizadas para reduzir a variabilidade dos processos ou para corrigir as causas-raiz da variabilidade;</p> <p>N2: Processo tem controle estatístico com os requisitos de consumo de matéria-prima, energia e sucata sendo alcançados e a variabilidade do processo sendo continuamente reduzida. Ferramentas estatísticas são utilizadas para reduzir a variabilidade do processo;</p> <p>N3: N2 mais evidências de refinamentos durante os últimos 12 meses.</p> <p>CP06 Procedimentos estão estabelecidos e sendo seguidos, resultando numa contínua diminuição de consumo de matéria-prima, energia e sucata.</p> <p>N0: Procedimentos e métodos de mudança de produção não são registrados;</p> <p>N1: Implantação parcial;</p> <p>N2: Atividades de mudança de produção são planejadas e executadas de maneira consistente. Históricos da evolução de consumo são registrados;</p> <p>N3: N2 mais contínua diminuição de consumo de matéria-prima, energia e sucata.</p>

<p>[PL4] MODIFICAÇÃO NO EQUIPAMENTO</p>	<p>SUBSTITUIÇÃO OU ALTERAÇÃO NO EQUIPAMENTO DE PRODUÇÃO COM O OBJETIVO DE AUMENTAR A EFICIÊNCIA DOS PROCESSOS E DIMINUIR OS DESPERDÍCIOS E EMISSÕES GERADAS.</p> <p>A instalação de equipamentos novos ou substituição de equipamentos antigos deve obedecer a requisitos de eficiência ambiental, com menor consumo de matéria prima, insumos, energia e geração de emissões.</p>	<p>CP07 Os equipamentos utilizados foram modificados ou substituídos por outros com menor consumo de matéria-prima e menor emissão de resíduos, ruídos e poluição.</p> <p>N0: Não houve modificação ou substituição de equipamento;</p> <p>N1: Houve modificação ou substituição de equipamento por outros mais modernos e eficientes, porém os objetivos eram de produtividade;</p> <p>N2: Houve modificação ou substituição de equipamento por outros mais modernos e eficientes, com objetivo de aumento de produtividade e rendimento ambiental;</p> <p>N3: N2 mais evidências de melhorias implantadas nos últimos 12 meses.</p>
<p>[PL5] MUDANÇA TECNOLÓGICA</p>	<p>MUDANÇA OU ATUALIZAÇÃO DA TECNOLOGIA EMPREGADA, PARA DIMINUIR OS DESPERDÍCIOS E EMISSÕES GERADAS DURANTE A PRODUÇÃO.</p> <p>Deve ser buscada, a partir de ideias de colaboradores internos ou externos e com estímulos à inovação. a tecnologia que produza melhor resultado ambiental, seja com alterações de processos, materiais ou equipamentos quanto Troca de tecnologia, sequência de processamento e/ou caminho de reação de modo a minimizar as taxas de desperdícios e geração de emissões durante a produção.</p>	<p>CP08 A tecnologia utilizada atualmente na fabricação é a mais eficaz em termos de diminuição de desperdícios e emissões e/ou em termos de eficiência no consumo de energia e matéria-prima.</p> <p>N0: A tecnologia utilizada não é a mais eficiente em termos ambientais;</p> <p>N1: A tecnologia utilizada já foi alterada para uma mais moderna, mas ainda não é a mais eficiente do ponto de vista ambiental;</p> <p>N2: A tecnologia utilizada é a mais eficiente atualmente tanto em termos de emissões e resíduos quanto em termos de consumo de matéria-prima e energia;</p> <p>N3: N2 mais evidências de refinamentos e melhoramentos efetuados internamente nos últimos 12 meses com objetivo de redução de consumo de energia, matéria-prima e resíduos.</p> <p>CP09 Tanto clientes quanto fornecedores são apropriadamente representados nos grupos de P+L em produto/processo/projeto da organização.</p> <p>N0: Nem clientes nem fornecedores são incluídos nos grupos;</p> <p>N1: Existe um envolvimento incidental de fornecedores ou clientes;</p> <p>N2: Tanto clientes quanto fornecedores são apropriadamente representados nos grupos de projeto/processo/projeto da organização;</p> <p>N3: N2 mais evidências de refinamento nos últimos 12 meses.</p>

<p>[PL6] RECUPERAÇÃO E REUSO NA PLANTA</p>	<p>REUSO DO MATERIAL DESPERDIÇADO NO MESMO PROCESSO OU EM OUTRA APLICAÇÃO ÚTIL DENTRO DA PRÓPRIA EMPRESA.</p> <p>O reuso do material usado na própria planta deve ser promovido com modificações de processos ou materiais.</p>	<p>CP10 Os resíduos gerados no processo de produção sofrem um retrabalho para serem reaproveitados na própria linha de produção ou outra linha da própria planta.</p> <p>N0: Os resíduos não são reaproveitados; N1: Os resíduos são separados e classificados para serem vendidos e reciclados por terceiros; N2: Os resíduos passam por um processo de classificação e recuperação para serem reutilizados no processo da própria planta em uma quantidade acima de 50%; N3: N2 mais evidencias de refinamentos e melhoramentos na execução durante os últimos 12 meses.</p>
<p>[PL7] PRODUÇÃO DE SUB- PRODUTOS ÚTEIS</p>	<p>TRANSFORMAÇÃO DOS DESPERDÍCIOS ANTERIORMENTE DESCARTADOS EM MATERIAIS QUE POSSAM SER REUTILIZADOS OU RECICLADOS EM OUTRAS APLICAÇÕES FORA DA EMPRESA.</p> <p>Alguns materiais desperdiçados podem ser processados ou não, internamente, para serem reciclados por outras empresas.</p>	<p>CP11 Projetos de produto e de processo para a P+L geram subprodutos que são úteis como matéria-prima para outros fabricantes dentro ou fora da cadeia de suprimentos.</p> <p>N0: Este componente não está estabelecido ou existem grandes inconsistências na sua implantação; N1: Este componente está estabelecido, mas persistem pequenas inconsistências na sua implantação; N2: Projeto de produto e de processo são conduzidos com uma abordagem de sistemas de ciclo de vida; N3: N2 mais evidencias de refinamentos e melhoramentos nos últimos 12 meses.</p> <p>CP12 Projetos de produto e de processo para a P+L têm previsão para reutilização de subprodutos no processo da fabricação.</p> <p>N0: Este componente não está estabelecido ou existem grandes inconsistências na sua implantação; N1: Este componente está estabelecido, mas persistem pequenas inconsistências na sua implantação; N2: Projeto de produto e de processo para a P+L têm previsão para reutilização de subprodutos no processo da fabricação; N3: N2 mais evidencias de refinamentos e melhoramentos nos últimos 12 meses.</p>

<p>[PL8] MODIFICAÇÃO DO PRODUTO</p>	<p>ALTERAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO DE MODO A MINIMIZAR OS IMPACTOS AMBIENTAIS PROVOCADOS POR ESSE PRODUTO DURANTE OU APÓS SUA UTILIZAÇÃO OU PARA MINIMIZAR OS IMPACTOS AMBIENTAIS PROVOCADOS PELA SUA PRODUÇÃO.</p> <p>As alterações de materiais ou de projetos de produtos para diminuir seus impactos ambientais, devem ser incentivadas e desenvolvidas dentro e fora empresa, por funcionários ou fornecedores.</p>	<p>CP13 Incentivos efetivos para a cadeia de suprimentos e clientes são colocados para premiar o compartilhamento das melhorias de rendimento e reduções de custo com objetivos de P+L.</p> <p>N0: Não há nenhum sistema de premiação para melhoramentos;</p> <p>N1: Reconhecimento informal de melhoramentos de rendimento e reduções de custo. Incentivos consistem basicamente em oportunidades de fazer novos negócios;</p> <p>N2: Benefícios financeiros para melhoramentos de custo, prazo de entrega e nível de qualidade são divididos entre a cadeia de suprimentos e os clientes. Programas formais de coparticipação estão estabelecidos, podem ser encontrados acordos de fornecimento de longo prazo;</p> <p>N3: N2 mais evidencias de refinamento nos últimos 12 meses.</p> <p>CP14 Os produtos são projetados ou alterados para que sejam fabricados com menor impacto ambiental, tanto na fabricação quanto no descarte pelo consumidor final.</p> <p>N0: Este componente não está estabelecido ou existem grandes inconsistências na sua implantação;</p> <p>N1: Este componente está estabelecido, mas persistem pequenas inconsistências na sua implantação;</p> <p>N2: Projeto e alteração de produto para a P+L têm previsão para controle do impacto ambiental, tanto durante sua fabricação quanto após sua utilização;</p> <p>N3: N2 mais evidencias de refinamentos e melhoramentos nos últimos 12 meses.</p>
---	---	--

APÊNDICE 4

Centros Nacionais de Produção mais Limpa (NCPC)

Desde 1994, UNIDO e UNEP trabalham em cooperação em um programa para implantação de Centros Nacionais de Produção mais Limpa (NCPC) como um mecanismo de entrega dos serviços de valor agregado da Produção mais Limpa para as empresas, agências governamentais e outras organizações (LUKEN; NAVRATIL, 2004).

O conceito de P+L é sempre considerado como sendo um conjunto de técnicas preventivas para se alcançar benefícios ambientais (BERKEL; WILLENS; LAFLEUR, 1997). Desse modo, o resultado será tanto melhor quanto mais no início do processo de produção essas técnicas forem utilizadas. Além disso, uma abordagem “mais limpa” mais completa poderá ser alcançada se houver essa preocupação com os efeitos ambientais desde a fase de projeto de produtos e processos.

Este programa apresenta diferentes características em cada país ou mesmo em cada região em que foi implantado; sendo que, em cada lugar os diversos aspectos da abordagem da P+L são encontrados em diferentes estágios de desenvolvimento. Segundo Berkel (2010), a evolução dos NCPCs ocorreu com a especialização de certos centros (em diferentes países) em uma ou mais das quatro áreas básicas (política, responsabilidade social corporativa, consumo e produção sustentáveis e tecnologia) de serviço da P+L, conforme representado na Figura 31.

A aplicação de técnicas e práticas de gerenciamento da produção nas indústrias, com o objetivo de aumentar a produtividade na manufatura e o rendimento ambiental, pode ser eficaz pelo menos nas seguintes três áreas: Produção e Consumo Sustentáveis; Tecnologia e Responsabilidade Social Corporativa. Quanto à área de Política, as mudanças necessárias não dependem das ações de gerenciamento de produção no âmbito das empresas ou das indústrias. Elas dependem de ações por parte de órgãos governamentais.

Figura 31: Especialização e diversificação nas áreas de serviço em Produção mais Limpa (UNIDO, 2008)

Produção mais Limpa no Brasil / São Paulo

Atualmente existem 54 NCPCs criados em 46 países, organizados para promover os conceitos e as práticas de P+L para as indústrias. No Brasil, o NCPC foi estabelecido como uma entidade do Serviço Nacional da Indústria do Rio Grande do Sul (SENAI-RS) e é chamado de Centro Nacional de Tecnologia mais Limpa (CNTL).

Como responsável pela difusão do conhecimento em P+L, o CNTL adota o esquema representado na Figura 32 para definir o conceito de Produção mais Limpa e delimitar sua abrangência.

Figura 32: O que é Produção mais Limpa (fonte: CNTL-Senai RS)

Alguns trabalhos utilizam os três níveis definidos na Figura 32 para caracterizar a abordagem do gerenciamento ambiental no processo de produção (ELIAS; MAGALHÃES, 2003; MACIEL et al., 2009). Para a base da P+L, o mais importante é a ação do primeiro nível. Maciel et al. (2009) mostraram um exemplo de adoção da abordagem da P+L em uma fundição através do balanço de massa da areia de fundição. O estudo levantou 19 oportunidades de implantação de medidas com o objetivo de diminuir o consumo dessa areia. Dessas medidas, 9 delas eram de implementação imediata e de baixo custo, enquanto o restante dependeria de um cronograma a médio e longo prazo, com planejamento de investimentos e desenvolvimento de tecnologia.

O CNTL é bastante focado nos princípios de P+L e atua em todo o Brasil, não só na divulgação dos conceitos e práticas da P+L como também na assessoria às empresas interessadas em implantá-los em suas linhas de produção. Porém, no Estado de São Paulo a atuação do CNTL é restrita devido ao fato da Secretaria de Estado do Meio-Ambiente, através da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), em convênio com a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) e o Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas de São Paulo

(SEBRAE-SP), ter optado pela divulgação do conceito mais amplo de Produção e Consumo Sustentável (PCS), procurando ações que também visem maior disciplina dos hábitos de consumo (RIBEIRO; PACHECO, 2011).

A cúpula da política de meio-ambiente em São Paulo acredita que é necessária uma mudança na cultura de consumo da sociedade para que se consiga obter resultados expressivos e duradouros. Existem materiais específicos desenvolvidos pelo convênio CETESB-FIESP para setores industriais específicos, sendo divulgados pelos próprios sindicatos patronais. Neste contexto, os princípios de P+L têm sido divulgados como parte de uma mudança mais ampla necessária para se alcançar o desenvolvimento sustentável.