

**UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO – UNINOVE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

ITAMAR DE SOUZA COSTA

**O PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO COMO FERRAMENTA PARA
MELHORIA DA ECOEFICIÊNCIA: ESTUDO DE MÚLTIPLOS CASOS EM
EMPRESAS FABRICANTES DE EMBALAGENS PLÁSTICAS.**

**São Paulo
2018**

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO – UNINOVE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ITAMAR DE SOUZA COSTA

**O PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO COMO FERRAMENTA PARA
MELHORIA DA ECOEFICIÊNCIA: ESTUDO DE MÚLTIPLOS CASOS EM
EMPRESAS FABRICANTES DE EMBALAGENS PLÁSTICAS.**

Dissertação de mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Nove de Julho – UNINOVE, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador. Prof. Dr. Geraldo Cardoso de Oliveira Neto

São Paulo
2018

Costa, Itamar de Souza.

O planejamento e controle da produção como ferramenta para melhoria da ecoeficiência: estudo de múltiplos casos em empresas fabricantes de embalagens plásticas. / Itamar de Souza Costa. 2018.

102 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2018.

Orientador (a): Prof. Dr. Geraldo Cardoso de Oliveira Neto.

1. Planejamento e controle da produção. 2. Educação ambiental. 3. Ecoeficiência.
- I. Oliveira Neto, Geraldo Cardoso de. II. Titulo

CDU 658.5



PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

DE

Itamar de Souza Costa

Título da Dissertação: O Planejamento e Controle da Produção como Ferramenta para Melhoria da Ecoeficiência: Estudo de Múltiplos Casos em Empresas Fabricantes de Embalagens Plásticas.

A Comissão Examinadora, Composta Pelos Professores Abaixo, Considero(a) o(a) candidato(a) Itamar de Souza Costa Aprovado.

São Paulo, 26 de fevereiro de 2018.

Prof(a). Dr(a) Geraldo Cardoso de Oliveira Neto (UNINOVE)

Geraldo Cardoso de Oliveira Neto

Prof(a). Dr(a) Dario Henrique Alliprandini (FEI)

Dario H.

Prof(a). Dr(a) Ivanir Costa (UNINOVE)

Ivanir Costa

Dedico este trabalho aos meus familiares pelo apoio, força e compreensão para a obtenção de mais uma vitória alcançada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por mais uma conquista realizada.

A minha família por ter me apoiado e incentivado a concluir mais um curso que fará um grande diferencial na minha vida.

Ao meu orientador, conselheiro e amigo, Prof. Dr. Geraldo Cardoso de Oliveira Neto, que me orientou, e acreditou em mim.

Aos Profs. Drs. Dário Henrique Alliprandini e Ivanir Costa pelas contribuições valiosas que ajudaram na construção dessa pesquisa e pela disponibilidade em participar das bancas de Qualificação e Defesa.

Aos demais professores que me transmitiram conhecimentos e experiências.

Ao meu filho Higor da Rocha Costa por compreender o motivo da falta de tempo para passarmos mais tempo juntos.

Minha companheira Fabiana pela paciência e compreensão.

E a todos que participaram de forma direta ou indireta deste trabalho.

Muito obrigado!

RESUMO

Nos últimos anos as organizações vem implantando prática de ecoeficiência no sistema de produção, a fim de obterem ganhos econômicos e ambientais. A ecoeficiência diz respeito a estratégias e medidas que permitem as empresas serem responsáveis ambientalmente e ao mesmo tempo lucrativas, consumindo recursos naturais em menor proporção, mitigando impactos ambientais e consequentemente obtendo maiores ganhos econômicos. Nesse contexto, o Planejamento e Controle da Produção (PCP) que está diretamente envolvido com as atividades de produção, pode desenvolver alternativas para as empresas produzirem mais com menos recursos, explorar recursos renováveis, recuperar, remanufaturar e substituir matéria-prima comum por outras biodegradáveis. Com isso, este estudo tem por objetivo analisar as atividades e uso das ferramentas de PCP e sua relação com a ecoeficiência em empresas fabricantes de embalagens plásticas. O método de pesquisa adotado foi estudo de múltiplos casos por meio de entrevista estruturada. O resultado mostra implicações práticas para o progresso da atuação do PCP nas indústrias e contribuições teóricas em termos de direções para pesquisas futuras relacionando o PCP com a ecoeficiência. As atividades de recuperação e reuso de apara e sequenciamento de carga foram atividades de maior destaque demonstrado tanto na literatura como na prática, ou seja, nos estudos de casos pesquisados. Também outros achados como troca de sistema de MTS para MTO, manutenção preventiva, SMED e uso de matéria prima de produto renovável, foram atividades que de certa forma demonstraram relevância para a redução de impacto ambiental nas empresas de embalagens plásticas pesquisadas. Portanto, o PCP é um setor que pode contribuir com os gestores industriais ao atender as exigências do mercado, mantendo a competitividade de seus negócios, além de promover melhorias econômicas e ambientais. Dessa forma a ecoeficiência pode ocorrer por meio da redução de desperdícios, utilização de matéria-prima renováveis, remanufatura, recuperação, reuso, adoção de uma boa gestão de energia e água nas empresas, dentre outras atividades ou ferramentas que auxilie o PCP na obtenção de ganhos econômicos e redução de impacto ambiental.

Palavras Chave: Planejamento e Controle da Produção; Educação Ambiental; Ecoeficiência.

ABSTRACT

In recent years, the organizations have been implementing the practice of eco-efficiency in the production system, in order to achieve economic and environmental gains. Eco-efficiency refers to strategies and measurements that allow companies to be environmentally responsible and profitable at the same time, consuming fewer natural resources, mitigating environmental impacts and consequently obtaining greater economic gains. In this context, the Production Planning and control (PPC), which is directly involved with production activities, may develop alternatives for companies to produce more, using fewer resources, explore renewable resources, recover, remanufacture and replace common raw materials with other biodegradable ones. Thus, this study aims to analyze the activities, the use of PPC's tools, and their relationship with eco-efficiency in plastic packaging companies. The method adopted for this research, was multiple case study, through a structured interview. The result shows practical implications for the progress of the PPC's performance in industries, and the theoretical contributions in terms of directions for future research, regarding the relationship of PPC with eco-efficiency. The activities of recovery and reuse of chips and load sequencing, were the ones with greater prominence, as shown both in the literature and in practice, that is, in the researched case studies. Besides that, other findings such as the exchange of MTS system for MTO, preventive maintenance, SMED and the use of raw material of renewable products, were activities that, to a certain extent, showed relevance for the reduction of environmental impact in the companies of plastic packaging researched. Therefore, PPC is a tool that can help industrial managers to meet market demands while maintaining the competitiveness of their businesses, as well as promoting economic and environmental improvements. In this way, eco-efficiency occurs through the reduction of waste, the use of renewable raw materials, remanufacturing, recovery, reuse, adoption of good energy and water management in companies, among other activities or tools that assist the PPC in obtaining gains and environmental impact reduction.

Keywords: Production Planning and Control; Environmental education; Eco-efficiency.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Principais leis da bibliometria	47
FIGURA 2 - Fluxograma do processo produtivo na empresa “A” com ações de PCP relacionado à ecoeficiência.....	54
FIGURA 3 - Fluxograma do processo produtivo na empresa “B” com ações de PCP relacionado à ecoeficiência	63
FIGURA 4 - Apara de termoformagem	65
FIGURA 5 - Máquina recuperadora de apara	66
FIGURA 6 - Fluxograma do processo produtivo na empresa “C” com ações de PCP relacionado à ecoeficiência	72

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - Valor bruto da produção por segmento.....	22
GRÁFICO 2 - Publicação ao longo dos anos	31
GRÁFICO 3 - Número de publicações por periódicos	32
GRÁFICO 4 - Publicações por setor e metodologia nas pesquisas.....	33
GRÁFICO 5 - Práticas de ecoeficiência	34
GRÁFICO 6 - Comparação das aparas antes e depois da implantação do SMED..	76

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Atividades/ferramentas tradicionais que auxiliam o PCP no planejamento da produção	25
QUADRO 2 - Atividades/ferramentas tradicionais que auxiliam o PCP no controle da produção	26
QUADRO 3 - Sistemas/ferramentas convencionais de PCP	27
QUADRO 4 - Síntese das práticas do PCP relacionado a ecoeficiência.....	41
QUADRO 5 - Metodologia para avaliação ambiental e econômica da implantação das Ferramentas da ecoeficiência em operações.....	49
QUADRO 6 - Síntese da análise intracaso	80
QUADRO 7 - Análise intercasos - aspectos semelhantes e diferentes.....	82

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Avaliação econômica	58
TABELA 2 - Retorno de investimento do ROI.....	58
TABELA 3 - Avaliação antes da interferência do PCP (2013)	59
TABELA 4 - Avaliação depois da interferência do PCP (2014).....	59
TABELA 5 - Comparação ambiental e econômica	60
TABELA 6 - Avaliação econômica antes da criação do setor de recuperação	66
TABELA 7 - Avaliação econômica depois da criação do setor de recuperação.....	66
TABELA 8 - Tabela 8 cálculo do ROI.	67
TABELA 9 - Avaliação ambiental.	78
TABELA 10 - Comparação entre avaliação econômica e ambiental.....	79
TABELA 11 - Antes e depois da implantação do SMED.....	74
TABELA 12 - Valores da produção e aparas antes da interferência do PCP	75
TABELA 13 - Valores da produção e aparas depois da interferência do PCP	75
TABELA 14 - Análise ambiental antes da interferência do PCP	77
TABELA 15 - Análise ambiental depois da interferência do PCP	77
TABELA 16 - Comparação do ganho econômico e ambiental.	78

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRE	Associação Brasileira de Embalagem
BNDES	Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social
CPM	Critical Path Method
DBR	Drum-Buffer-Rope
EUE	Efficiency of the use of energy
ERP	Enterprise Resource Planning
EURM	Efficiency of the use of raw material
EUW	Efficiency of the use of water
GA	Ganho ambiental
GE	Ganho econômico
IF	Intensity factor
IGA	Índice de ganho ambiental
IGE	Índice de ganho econômico
M	Mass
MMA	Ministério do meio ambiente
MET	Material economic totaly
MIC	Mass Intensity per compartment
MIF	Mass Intensity Factores
MIPS	Mass Intensity per Service
MIT	Mass Intensity Total
MRP	Material requirement planning
MTE	Material Total Economized
MTO	Maker-to-order
MTS	Make-to-stock
OF	Ordem de Fabricação
ONU	Organização das Nações Unidas
OPT	Optimized Production Technology

PP	Polipropileno
PA	Poliamida
PCP	Planejamento e controle de produção
P&D	Pesquisa e desenvolvimento
PE	Polietileno
PEBD	Polietileno de baixa densidade
PEBDL	Polietileno de baixa densidade linear
PERT	Program evaluation and review technique
PMBOK	Project management body of knowledge
PMP	Plano mestre de produção
PS	Poliestireno
RCCP	Rough-cut capacity planning
RFID	Radio Frequency IDentification
RNGE	Reduction and non-generation of emissions and resource
ROI	Retorno sobre o Investimento
RRWE	Recycling /reuse of Wastes and emissions
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SMED	Single minute exchange of die
TIR	Taxa interna de retorno
TOC	Theory of constraints
TPM	Manutenção produtiva total
TRF	Troca rápida de ferramenta
WBCSD	Word Business Council for Sustainable Development

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	16
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA.....	18
1.3 OBJETIVOS GERAL.....	20
1.3.1 Objetivos específicos.....	20
1.4 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO.....	20
1.5 JUSTIFICATIVAS.....	21
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	23
2 REVISÃO BIBLIOMÉTRICA E SISTEMÁTICA	24
2.1 CONCEITOS DE FERRAMENTAS/ATIVIDADES DE PCP CONVENCIONAL E ECOEFICIÊNCIA.....	24
2.1.1 Ferramentas/atividades de PCP convencional.....	24
2.1.2 O PCP como ferramenta para melhoria da ecoeficiência.....	29
2.2 REVISÃO BIBLIOMÉTRICA SOBRE A RELAÇÃO DO PCP COM ECOEFICIÊNCIA	31
2.2.1 Evolução das publicações.....	31
2.2.2 Número de publicações por periódicos	32
2.2.3 Setor e metodologia utilizada nas pesquisas	33
2.2.4 Revisão sistemática sobre a relação entre PCP e ecoeficiência	34
3.METODOLOGIA DE PESQUISA.....	45
3.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	45
3.1.1 Pesquisa bibliométrica e sistemática	45
3.2 PLANEJAMENTO DOS CASOS	48
3.2.1 Procedimento de Pesquisa	48
3.3 ESCOLHA DO MÉTODO A SER UTILIZADO	48
3.4 CRITÉRIO PARA A SELEÇÃO DOS CASOS.....	51
3.5 TRATAMENTO DO DADOS.....	51
4. RESULTADOS INTRACASOS E INTERCASOS.....	53
4.1 RESULTADOS INTRACASOS.....	53
4.1.1 Estudo de Caso da empresa “A”.....	53
4.1.2 Atividades/ferramentas do PCP relacionado à ecoeficiência na	

empresa “A”.....	55
4.1.3 Analise da avaliação econômica na empresa “A”.....	57
4.1.4 Análise da avaliação ambiental na empresa “A”	59
4.1.5 Comparação entre ganho econômico e redução de impacto ambiental na empresa “A”	60
4.2 ESTUDO DE CASO DA EMPRESA “B”.....	62
4.2.1 Fluxo do processo produtivo da empresa “B”.....	62
4.2.2 Avaliação econômica da empresa “B”	64
4.2.3 Avaliação ambiental da empresa “B”.....	67
4.2.4 Comparação entre avaliação econômica e avaliação ambiental.....	68
4.3 ESTUDO DE CASO NA EMPRESA “C”	70
4.3.1 Mapeamento do processo produtivo da empresa “C”.....	70
4.3.2 Ações de interferência do PCP para melhoria econômica e ambiental na empresa “C”	72
4.3.3 Avaliação econômica na empresa “C”	75
4.3.4 Avaliação ambiental na empresa “C”.....	75
4.3.5 Comparações entre o ganho econômico e ambiental.....	78
4.4 ANÁLISE INTERCASO.....	81
4.4.1 Discussão.....	83
5. CONCLUSÃO	89
6.REFERÊNCIAS.....	92
7.APÊNDICE.....	101

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O Planejamento e Controle da Produção (PCP) é um setor responsável por desempenhar estratégias com o uso de ferramentas/atividades a fim de gerir, organizar, controlar e acompanhar processos na transformação de insumos em produtos acabados (VOLLMANN, 2006). Dessa forma o PCP sempre visou a obtenção de ganhos econômicos por meio da produção eficiente, porém a produção desenfreada para atender uma demanda cada vez maior de consumidores, contribuiu para a degradação dos ecossistemas.

O crescimento populacional, a urbanização e industrialização, estão relacionados com o alto nível de consumo de produtos industrializados, dos quais tem uma demanda crescente pelo consumo de recursos naturais que automaticamente traz graves consequências para o meio ambiente e também para o próprio ser humano (RAVI, 2015). Com isso, todo produto industrializado causa impacto negativo ao ecossistema, seja em função do processo produtivo, matéria prima ou disposição incorreta do produto. (CHEHEBE, 1997; SANTO, 2011).

Segundo Munot e Ibrahim (2013) a remoção dos produtos usados tem se tornado cada vez mais uma atividade importante entre muitas empresas. As principais razões para esse acontecimento são as regulamentações ambientais, conscientização dos clientes sobre o meio ambiente e os benefícios econômicos.

Betts, Wiengarten e Tadisina (2015) mencionaram que estratégias de decisões ambientais nas organizações proporcionam oportunidades de vantagens competitivas. Portanto, as empresas que conseguirem manter suas atividades voltadas para ecoeficiência, terão um diferencial competitivo perante seus concorrentes. Essa busca pela minimização de impacto ambiental mostra que gestores de PCP precisam adotar ferramentas e atividades que proporcionem redução de desperdícios e redução de recursos naturais (ALPERSTEDT, QUINTELLA e SOUZA, 2010).

Oliveira Neto (2012) em seu trabalho contribuiu com o avanço dos paradigmas das manufaturas, o qual chamou de mudança incremental, a “Produção Mais Limpa e Ecoeficiência”. As empresas que tinham como meta a obtenção apenas de ganhos econômicos precisaram se adaptar ao novo cenário para reduzir

impactos ambientais. Portanto, o PCP precisa se adaptar a essas mudanças e passar a considerar em seu planejamento soluções para melhorar a ecoeficiência industrial.

O conceito de ecoeficiência, para Michelsen (2010), é uma combinação entre eficiência econômica e ambiental que ocorre nas organizações. Enquanto o Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (WBCSD) define ecoeficiência por meio do alcance de produtos e serviços que satisfaça a necessidade humana a preços competitivos reduzindo impacto ecológico e intensidade de recursos ao longo do ciclo de vida (WBCSD, 2000).

Todavia, Ravi (2015) menciona que a necessidade de melhorar a ecoeficiência nas organizações torna-se um desafio para identificar soluções alternativas, tanto para o desempenho econômico como para o ambiental. Oliveira Neto e Chaves (2012) também afirmam que para convencer os empresários a praticarem a produção com educação ambiental, será bastante desafiador, pois a grande maioria dos empresários visa obter somente vantagens econômicas.

Oliveira Neto e Lucato (2015) mencionaram que o PCP é um setor responsável por atividades organizacionais que pode promover atividades que reduza o impacto ambiental, utilizando menos recursos naturais, gerando menos resíduos, proporcionando aumentar a ecoeficiência industrial nas empresas. Conforme Pereira e Jabbour (2015), a adoção do PCP ecoeficiente pode ocorrer à medida que os desperdícios são reduzidos através da reciclagem, reuso ou remanufatura, gerando ganho econômico e ambiental para a empresa.

Dessa forma, Oliveira Neto e Lucato (2015) apresentaram um procedimento de adoção de PCP com Educação Ambiental aplicado a técnicas de sequenciamento de carga de máquina utilizando o *workload control*. Isso permitiu demonstrar que a empresa, por interferência do profissional de PCP, pode obter ganhos econômicos e ambientais.

Além disso, fatores como conscientização dos clientes, consumidores e exigências governamentais, também são motivos que podem levar o PCP a adotar atividades/ferramentas em seu planejamento a fim de minimizar o consumo de energia elétrica, água, dentre outros recursos naturais. Com isso, o PCP pode contribuir por meio de procedimentos de remanufatura, reciclagem, reuso e utilização de matéria-prima renovável, proporcionando um caminho favorável para

indústrias, ao adotar procedimentos produtivos voltados à obtenção da ecoeficiência industrial.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Por mais que as empresas sejam pressionadas para utilizarem processos ecoeficiente, ainda existe uma forte resistência por parte dos empresários pelo fato de acreditarem que a preservação ambiental aumenta o custo industrial. Oliveira Neto e Lucato (2015) mencionaram que o PCP tradicional é um setor de apoio à produção, que coordena, direciona e controla a produção, e que este por sua vez não tem se preocupado com ações ambientais em seus processos produtivos, focando sua excelência na redução de custo, observando apenas fatores econômicos.

Segundo Brennan, Gupta e Taleb (1994) existem novas forças no trabalho, como maior conscientização sobre o meio ambiente tanto pelo consumidor quanto pelo produtor, regulamentos de reciclagem e necessidades de conservação de recursos. Essas mudanças levam a novos desafios e a uma reavaliação fundamental do paradigma de fabricação tradicional. As empresas mais voltadas para o futuro estão percebendo oportunidades decorrentes desse ambiente em mudança. Diante do cenário atual, onde os recursos como água, energia elétrica, dentre outros recursos extraídos da natureza estão cada vez mais escassos, faz-se necessário a busca por atividades e ferramentas que minimizem também o impacto ambiental além de ganhos econômicos.

Segundo Cannata (2010), o PCP deve inserir em suas atividades, indicadores de desempenho de eficiência energética, uma vez que a energia elétrica corresponde a 33% do consumo global de energia e 38% das emissões totais de CO₂ em empresas de manufatura. Dessa forma, os profissionais de PCP precisam começar a repensar em interagir com práticas ambientais de forma positiva a fim de aumentar ganhos econômicos, reduzindo impactos ambientais, economizando energia, reciclando, facilitando a remanufatura, bem como substituindo matéria-prima nociva ao meio ambiente por outras biodegradáveis ou de fonte renováveis.

Embora haja vários estudos na literatura que abordam princípios para tornar os processos industriais cada vez mais sustentáveis, percebe-se que há uma

carência de práticas ambientais e orientações capazes de fornecer detalhes conforme cada processo industrial (SMITH e BALL, 2012). Com isso, há poucos estudos que relacionam PCP e ecoeficiência. Foram encontrados apenas cinco trabalhos cuja metodologia utilizada foi estudo de caso. Na pesquisa de Plehn *et al.* (2012) foi realizado um estudo de caso na Suíça o qual teve como prática de PCP a implantação de sequenciamento de produção que permitiu reduzir o tempo de setup e consumo de energia elétrica em 13%.

Goggin, Reay e Browne (2000) realizaram estudo de caso desenvolvendo melhoria na gestão de informação do produto em fim de vida, compartilhando informação ao longo da cadeia, e com isso foi possível melhorar a previsão de demanda e o plano mestre de produção, tornando a remanufatura mais previsível. Cao *et al.* (2011) também desenvolveram formas para manter informações do ciclo de vida do produto em etiqueta de RFID, permitindo maior suporte ao PCP a respeito de incertezas no processo de remanufatura. Wu e Chang (2008), por sua vez, realizaram um estudo de caso em Taiwan que visou a maximização da capacidade de produção e redução do custo com resíduos e água, além de minimização do custo de inventário, por meio de análise de multicritério.

Entretanto, a pesquisa de Oliveira Neto e Lucato (2015) foi a única que realizou procedimento de análise ambiental e econômico demonstrando redução do impacto ambiental de 45.585 kg no compartimento abiótico, 2.762.224 kg água e 7.169 kg no ar e redução de custo em 42%. Este trabalho por sua vez, propôs utilizar os mesmos procedimentos de Oliveira Neto e Lucato (2015) para realizar análise econômica e ambiental a fim de identificar adoções de práticas de PCP, porém em empresas fabricante de embalagens plásticas. Fato este que leva a presente pesquisa à seguinte pergunta: Como as atividades e ferramentas de PCP podem promover melhorias na ecoeficiência em empresas fabricantes de embalagens plásticas?

Como premissa a uma provável resposta perante a questão enunciada, sugere-se a seguinte proposição:

A utilização das atividades e ferramentas do PCP integrada às práticas ambientais pode promover melhorias na ecoeficiência em empresas fabricantes de embalagens plásticas.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Para responder a questão de pesquisa apresentada no item 1.2, será considerado os seguintes objetivos:

- Analisar as atividades e uso de ferramentas de PCP e sua relação com a ecoeficiência em empresas fabricantes de embalagens plásticas.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar revisão bibliométrica e sistemática sobre práticas de PCP convencional e a relação entre Planejamento e Controle de Produção e ecoeficiência.
- Desenvolver o fluxograma dos processos produtivos das empresas de embalagens plásticas e identificar decisões e ações de PCP voltadas à ecoeficiência.
- Estabelecer avaliação ambiental e econômica das ações propostas pelo Planejamento e Controle de Produção.

1.4 DELIMITAÇÕES DO ESTUDO

Delimitar a pesquisa é estabelecer limite para a investigação, esse limite pode ser por assunto ou por setor (MARCONI e LAKATOS, 2010). Nesse trabalho foi delimitado por ambos. Por assunto, é relacionado o PCP com ecoeficiência a fim de verificar o impacto ambiental e econômico em três empresas por meio de estudos de caso. O que para Michelsen (2010) ecoeficiência é uma combinação entre eficiência econômica e ambiental, utilizando dois dos três pilares da sustentabilidade. Quanto

à escolha de embalagens, em específico no setor plástico, conforme gráfico 1 demonstra a importância do segmento plástico para o desenvolvimento da economia do país. Assim segundo Associação Brasileira de Embalagem (ABRE) o segmento plástico tem um destaque maior em detrimento aos demais segmentos, correspondendo a 39,07% do total de embalagens produzidas no Brasil, sendo a indústria no ramo de embalagens que proporciona maior empregabilidade, representando em 2014, 52,77% do total de postos de trabalho do setor de embalagens. Por outro lado, o plástico é um material muito agressivo ao meio ambiente e que dependendo do material pode levar de 100 até 400 anos para se decompor, causando vários danos ao meio ambiente (ABRE, 2015). Dessa forma este trabalho procura mostrar como o PCP, setor que planeja programa e controla os processos produtivos pode interferir nos processos produtivos, estudando a possibilidade de se confirmar a seguinte proposição:

A utilização das atividades e ferramentas de Planejamento e Controle de Produção integradas as práticas ambientais podem promover melhorias na ecoeficiência, em empresas fabricantes de embalagens plásticas.

1.5 JUSTIFICATIVAS

O presente trabalho se justifica em razão da importância do segmento plástico para a economia do país. Segundo ABRE (2015), a indústria do setor plástico no Brasil obteve participação de 39% da produção total de embalagens em 2014. O setor de embalagens celulósicas com representação 34,30% (somados os setores de papelão ondulado com 18,54%, cartolina e papel cartão com 9,87% e papel com 5,89%), metálicas com 17,14%, vidro com 4,81% e madeira com 2,59%.

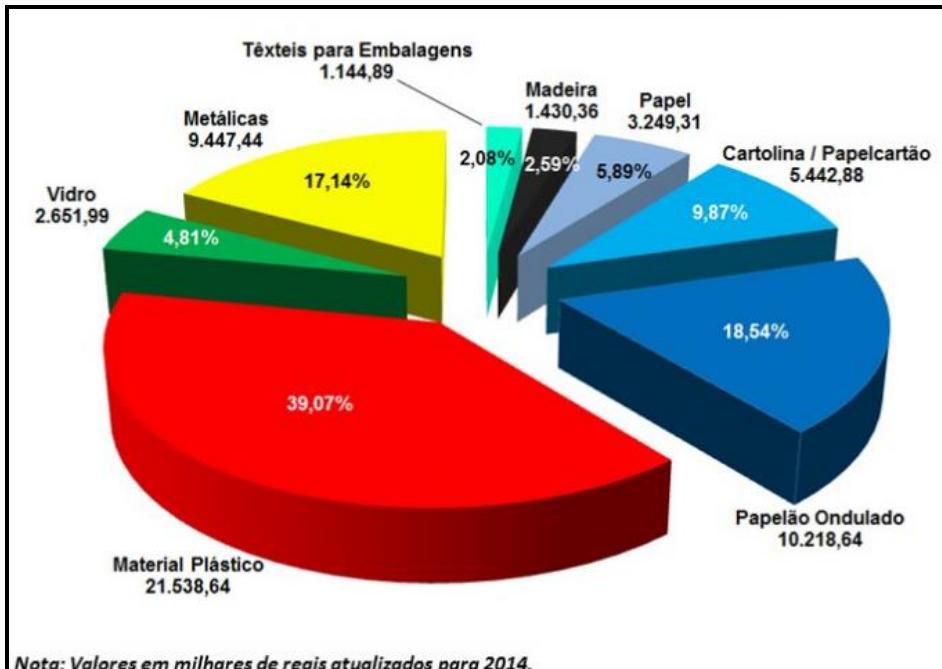


Gráfico 1- Valor bruto da produção por segmento

Fonte: ABRE (2015)

Segundo ABRE (2015) a indústria fabricante de embalagens plástica é a que tem maior representatividade na geração de empregos, totalizando, em dezembro de 2014, 119.953 empregos formais, correspondendo a 52,77% do total de postos de trabalho do setor.

Outra justificativa importante que impulsionou o interesse pela área em estudo, foi que há poucos trabalhos desenvolvidos que relacionam PCP com ecoeficiência. A adoção do PCP com ecoeficiência pode promover redução do impacto ambiental e redução de custos industriais, impulsionando a adesão de gestores empresariais a realizarem práticas de ecoeficiência, pois além de ganhos econômicos e ambientais, proporcionam ganhos estratégicos em relação à imagem da empresa. Esta pesquisa corrobora também para a desmistificação de que envolver processos industriais com o meio ambiente não proporciona ganhos econômicos. Oliveira Neto e Lucato (2015) mostraram por meio de um estudo de caso no setor químico, que a redução do impacto ambiental pode proporcionar ganho econômico, sem limitar a eficiência de seu processo produtivo.

Este presente trabalho por sua vez explora o segmento plástico, relacionando o PCP com ecoeficiencia. Entretanto, não foi encontrado na literatura nenhum artigo que relate PCP com ecoeficiência em empresas fabricantes de embalagens

plásticas e que tenha sido realizado análise ambiental e econômica por meio de estudo de caso.

Dessa forma, justifica-se a relevância deste trabalho ao mostrar à comunidade acadêmica e empresarial que o setor de PCP pode colaborar com a ecoeficiência industrial por meio da integração de suas atividades com práticas ambientais e econômicas e que a temática aqui exposta está em fase exploratória, contribuindo assim, para a desenvoltura do conhecimento científico.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O desenvolvimento deste trabalho foi realizado em cinco capítulos distintos, sendo eles:

O primeiro capítulo é introdutório, no qual aborda aspectos referentes ao tema proposto e suas justificativas.

O segundo capítulo é realizado uma revisão bibliométrica e sistemática para identificar práticas de PCP convencionais e verificar a relação entre PCP e ecoeficiência.

O terceiro capítulo é de caráter metodológico para melhor detalhamento das técnicas de coletas de dados, bem como análises e estrutura para suportar o presente trabalho.

O quarto capítulo refere-se à pesquisa de campo com estudo de três casos em empresas fabricantes de embalagens plásticas, com análise e discussão dos resultados intracasos e intercasos.

No quinto e último capítulo realiza-se a conclusão da dissertação com as considerações finais, limitações da pesquisa e estudos futuros para expandir o assunto estudado neste trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOMÉTRICA E SISTEMÁTICA

Neste capítulo são apresentados conceitos, revisão bibliográfica e resultados obtidos conforme a pesquisa bibliométrica e sistemática realizada nas bases de dados: Science Direct, Emerald, Wiley Library, Scopus, Proquest, Compendex, Capes, Scielo, Exacta e Taylor & Francis.

2.1 CONCEITOS DE FERRAMENTAS/ATIVIDADES DE PCP CONVENCIONAL E ECOEFICIÊNCIA.

Nessa sessão busca-se esclarecer conceitos e aplicações de algumas ferramentas/atividades que o PCP convencional utiliza ou pode utilizar para relacionar com processos produtivos a fim de manter relação com a ecoeficiência.

2.1.1 Ferramentas/atividades de PCP convencional

O PCP é um setor de apoio à produção que interage com diversas áreas com o objetivo de proporcionar melhorias na gestão da produção. Dessa forma, nessa seção serão apresentadas as principais ferramentas que auxiliam o gestor de PCP a desempenhar suas atividades com o objetivo de conduzir o processo produtivo de forma eficiente. As atividades e/ou ferramentas foram identificadas por meio de uma revisão sistemática da literatura e foram divididas em 3 grupos: (I) Planejamento da Produção, (II) Controle da Produção e (III) Sistemas e ferramentas de PCP. No quadro 1 encontram-se as atividades do PCP que o gestor precisa realizar no planejamento, seja de longo, médio ou curto prazo o qual tem finalidade de manter o melhor desempenho do setor produtivo.

Quadro 1. Atividades/ferramentas convencionais que auxiliam o PCP no planejamento da produção

Atividade/ferramenta	Conceito	Autores
Realizar Planejamento estratégico da produção. Obs ¹	O planejamento estratégico coordena os objetivos operacionais de acordo com a necessidade da organização, levando em conta os critérios competitivos.	Chase <i>et al.</i> (2004)
Realizar Previsão de demanda. Obs ²	É uma projeção de receitas que a empresa espera receber no futuro quando houver incertezas. Para tal projeção pode-se utilizar de métodos quantitativos ou qualitativos.	Sipper e Bulfin (1997)
Realizar Planejamento Agregado	É a base para atingir os objetivos estratégicos da empresa por meio da mobilização dos recursos da produção.	Vollmann <i>et al.</i> (1997)
Realizar Planejamento da Capacidade de longo, médio e curto prazo.	O objetivo do planejamento da capacidade é identificar o limite máximo de uma unidade produtiva para que o planejamento seja realizado sem discrepância a fim de atender a produção planejada.	Favaretto (2001)
Realizar Programa Mestre de Produção PMP	O plano mestre de produção fornece ao gestor de PCP informações importantes para tomada de decisões, fornecendo qual produto pode ser produzido antes das vendas e qual não poderá ser produzido.	Vollmann <i>et al.</i> (2005)
Realizar sequenciamento (dispatching ou scheduling)	São prioridades dadas ao trabalho e frequentemente estabelecida sua sequência por um conjunto de regras predefinidas.	Slack <i>et al.</i> (2009)

O gestor do PCP juntamente com o pessoal de vendas realiza o planejamento estratégico da produção de longo prazo, para verificar a necessidade de expandir o negócio, aumentar a capacidade produtiva, aumentar instalações para atender a demanda do mercado. Em seguida, se realiza a previsão de demanda a fim de obter dados da produção para tomadas de decisões sobre o que produzir e quando produzir. Após esse procedimento, é realizado o planejamento agregado que tem por objetivo agrregar produtos similares para redução de custos na produção em relação à gestão de estoque, contratação, horas extras, subcontratação e demissão, permitindo o desenvolvimento do plano mestre de produção para apresentar as necessidades de materiais, conforme a estrutura de cada produto. Após desenvolver

Obs.¹ Realizar planejamento estratégico da produção não necessariamente é uma atividade exclusiva do PCP, porém é uma atividade fortemente ligada às práticas de PCP.

obs². Realizar previsão de demanda não necessariamente é uma atividade exclusiva do PCP, porém é uma atividade fortemente ligada às práticas de PCP.

o plano mestre de produção é possível desenvolver o planejamento da capacidade para verificar a limitação da capacidade dos recursos, visando produzir o volume desejado para atender os planos de vendas, permitindo dessa forma desenvolver o sequenciamento dos produtos no processo de fabricação para maximizar produtividade e reduzir custos.

Após, a adoção das atividades de planejamento da produção é necessária realizar as atividades de controle, conforme mostra no quadro 2.

Quadro 2 – Atividades /ferramentas convencionais que auxiliam o PCP no controle da produção

Atividade/ferramenta	Conceito	Autores
Gerir e controlar estoque Obs ³	É o excesso de matéria-prima em um sistema produtivo. Também é usado para descrever qualquer recurso armazenado. Ele sempre existirá devido à diferença entre o que é reabastecido e o que de fato o mercado consome.	Slack (2009)
Emitir/liberar ordens de fabricação, montagem e compras. Order Review and Release – ORR	A combinação de suavização com ORR resulta em tempos de liderança mais baixos e consistentes, níveis de trabalho em processo mais estáveis e melhor desempenho de entrega.	Melnyk, Ragatz e Fredendall (1991)
Realizar acompanhamento e controle da produção/relatórios de avaliação de desempenho	A realização de acompanhamento no setor produtivo em relação aos dados que posteriormente transformado em informações confiáveis, proporciona um diferencial para a competitividade das organizações, pois a qualidade das informações coletadas influencia nas decisões futuras.	Lidak (2003)
Realizar Manutenção preventiva e (TPM).Obs ⁴	TPM objetiva a redução de quebras de maquinários por meio da prevenção, maximizando a eficiência da capacidade do equipamentos a fim de obter redução de perdas no processo produtivo.	Nakajima (1989)

Após a produção de peças e subconjuntos, o material vai para o estoque, sendo necessário estabelecer a gestão e controle com base na política de estoque da empresa. Com isso, o gestor precisa identificar o *slow moving* e o *fast moving*,

Obs³ Gerir e controlar estoque não necessariamente é uma atividade exclusiva do PCP, porém é uma atividade fortemente ligada às práticas de PCP.

Obs⁴ Realizar manutenção preventiva e TPM não necessariamente é uma atividade exclusiva do PCP, porém é uma atividade fortemente ligada às práticas de PCP.

bem como determinar estoque máximo e mínimo, estoque de segurança, ponto de pedido, e lote de compra. Em seguida, são emitidas as ordens de fabricação, sendo necessário o monitoramento da produção a fim de constatar se o que foi planejado no plano agregado e no plano mestre de produção está sendo realizado. Porém, para maior segurança é importante realizar o TPM a fim de obter boas práticas de manutenção.

Também, é importante mencionar sobre os sistemas e ferramentas tradicionais de PCP conforme mostra o quadro 3. Os sistemas MRPII/ERP, Kanban, OPT, PERT/CPM que auxiliam o PCP para um planejamento mais eficiente devem ser analisados conforme características dos sistemas de produção para melhor desempenho. MacCarthy e Fernandes (2002) mencionaram que a aplicação do MRPII é voltado a produtos não repetitivos com *layout* funcional. O Sistema OPT é aplicado em empresas com produção semirrepetitivas e *layout* em grupo. O Kanban é utilizado na produção em massa ou produção repetitiva, estrutura simples, baixo tempo de setup e demanda estável. E para grandes projetos trabalhando com *layout* de posição fixa e sem estoque de segurança é utilizado o PERT/CPM.

Quadro 3 - Sistemas/ferramentas convencionais de PCP

Atividade/ferramenta	Conceito	Autores
Implantar MRPII/ERP	O MRP é uma ferramenta que gerencia a demanda dependente, fazendo a explosão na linha do tempo dos diversos componentes da estrutura do produto, comparando a necessidade bruta com o disponível em estoque e compras, ou ordens já programadas.	Orlicky (1975)
Implantar OPT/ TOC	Teoria das Restrições (TOC). A restrição de um sistema é definida como qualquer coisa que impeça o mesmo de melhorar o seu desempenho comparado à meta definida, visto que restringe a atuação do sistema como um todo. Este conceito também é conhecido como gargalo que tem como função resolver problemas em um processo produtivo em que uma das etapas não consegue obter a mesma velocidade e rapidez que a outra.	Goldratt (2014)
Implantar Kanban	O kanban tem a função de fazer com que as informações de tipo e quantidade do item que foi consumido no supermercado sejam transmitidas à etapa fornecedora criando a puxada entre os processos.	Ohno (1997).

Continuação - Quadro 3 - Sistemas/ferramentas convencionais de PCP

Implantar PERT/CPM	São sistemas que auxilia a gestão de projetos, o qual pode ser definido como um empreendimento temporário que inclui as demais características como: i) atividades com inicio e fim, ii) projetos com etapas determinadas, iii) orçamento limitado, iv) atividades únicas, v) produto singular.	Burke (2001), PMBOK (2000)
Implantar produção em fluxo unitário (<i>one piece flow</i>)	Refere-se ao conceito de mover uma peça de trabalho de cada vez entre operações em uma célula de trabalho	Stoianovici, Budica e Ghionea (2010).
Implantar <i>Heijunka</i>	O <i>heijunka</i> é também conhecido como quadro de nivelamento da produção, que permite a materialização do nivelamento da produção, com diferentes itens da produção.	Niimi (2004)
Implantar SMED/TRF/setup	Shingo desenvolveu uma metodologia que foi popularizada por SMED e que no Brasil foi denominada de TRF (Troca Rápida de Ferramentas), a qual visa reduzir o tempo das operações de setup.	Shingo (2008)
Implantar tecnologia de grupo ou manufatura celular	A Característica chave da tecnologia de grupo é o <i>layout</i> em grupo, também chamado de <i>layout</i> celular ou ainda manufatura celular, que consiste na divisão dos componentes em famílias e máquinas em grupos.	Burbridge (1975)
Integrar as decisões de PCP com outras áreas da empresa.	O PCP tem funções de caráter integrativo no qual tem interface com as demais áreas da empresa.	MacCarthy e Fernandes (2002)

Outro sistema que auxilia o PCP é o *One Piece Flow*, para gerir melhor a produção conforme o fluxo de materiais e estratégia aplicada adequadamente ao sistema produtivo. Também, constatou-se o *Heijunka*, que é utilizado para balancear a linha de produção por meio da programação, permitindo atender variedades na demanda. Outra ferramenta muito utilizada é a tecnologia de grupo ou manufatura celular, a fim de facilitar o processo de produção, este tipo de *layout* consiste na divisão dos componentes em família e todas as máquinas em grupo a fim de otimizar o tempo no deslocamento dos operadores.

Segundo Shingo (1996) a ferramenta utilizada para reduzir setup é o SMED, por meio das seguintes etapas: (i) separação das operações de setup externo e interno; ii) converter setup interno em externo; iii) adotar operações paralelas e iv)

eliminar ajustes. Com isso, melhora a previsibilidade do prazo de entrega devido a redução do lead time, contribuindo com a melhoria da integração e tomada de decisões pelo PCP.

2.1.2 O PCP como ferramenta para melhoria da ecoeficiência

Segundo Fernandes *et al.* (2007) os principais autores do PCP identificados em seu trabalho foram: Orlick; Goldratt; Elmaghraby; Baker; Pinedo; Silver; Buffa; Ohno; Montgomery; e Burbidge. O PCP é um dos mais importantes departamentos, pois por meio dele é realizado o planejamento da produção, estoque, compras, logística, e entrega na quantidade e prazo solicitado pelo cliente, envolvendo a satisfação do cliente em receber o produto na data combinada.

Para Vollmann (2006) o PCP realiza funções de planejar, coordenar e controlar todos os aspectos da produção, incluindo gerenciamento de materiais, programação de máquinas, mão-de-obra, coordenação com fornecedores e clientes. Para Burbidge (1988) o PCP planeja os recursos de forma adequada, observando a capacidade produtiva junto à necessidade de comprar ou produzir produtos a fim de atender o plano de vendas de uma determinada organização. Zaccarelli (1987) conceitua o PCP como um conjunto de atividades que tem como responsabilidade a maximização da produção de forma eficiente.

Dessa forma pode-se dizer que o PCP é um importante elo entre as estratégias da empresa e seu sistema produtivo, por garantir a eficiência dos processos, a fim de produzir produtos conforme a necessidade do mercado. O que implica também em dizer que o PCP eficiente pode influenciar tanto no sucesso como no fracasso de uma organização.

Segundo Zhang *et al.* (2013) assuntos sobre ecoeficiência iniciaram nos anos 70 em meio a discussões globais por uma vida saudável. A definição de ecoeficiência foi proposta por Schmidheiny (1992) como entrega de bens e serviços que satisfaçam as necessidades humana e sua qualidade de vida, reduzindo progressivamente os impactos ecológicos e durante todo o ciclo de vida até o menor nível da carga de capacidade estimada pela terra. Em 1996 o conceito de Schmidheiny foi enriquecido pelo Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (WBCSD, 2000) o qual, obteve grande reconhecimento pelo mundo empresarial.

Para Zhu, Wang, e Zhang (2014) a ecoeficiência envolve produtos de alta qualidade, consumindo o mínimo de recursos, emitindo menor quantidade de poluentes ao meio ambiente. Para Lampkowski, Boaggioni e Lampkowski (2014) o termo vem do progresso econômico e ambiental, reduzindo poluição por meio da melhor utilização de recursos naturais.

Conforme World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) por meio da ecoeficiência é possível: (i) diminuir o consumo de matéria-prima; (ii) minimizar o consumo de energia elétrica; (iii) aumentar o uso de reciclagem de materiais; (iv) minimizar a difusão de poluentes; (v) estender a vida útil dos produtos; (vi) agregar valor por meio de serviços ou produtos; (vii) aumentar a utilização de recursos renováveis. Dessa forma a ecoeficiência significa produzir mais com menos impacto ambiental, proporcionando maior reciclagem de materiais para aumentar o ciclo de vida dos produtos, utilizando fontes renováveis, e por meio da remanufatura obter ganho econômico e ambiental. Assim, pode-se dizer que ecoeficiência é o equilíbrio entre ganhos econômicos e ambientais, a fim de reduzir a exploração na extração de recursos naturais aproveitando melhor os recursos que já foram industrializados, pois além de não comprometer as gerações futuras, permite ao meio ambiente o tempo hábil para se recuperar do impacto sofrido.

As indústrias atuais necessitam de PCPs mais flexíveis para acomodar as mudanças rápidas que o mercado exige, além de responder efetivamente às novas políticas ambientais, como o surgimento de taxas de poluição, impostos ambientais, taxas de conservação de recursos e evolução tecnológica no âmbito da ecologia industrial. Pois o alto nível de consumo de produtos industrializados traz graves consequências para o ecossistema e também ao ser humano (RAVI, 2015). Dessa forma os profissionais de PCP devem estar atentos às mudanças de mercado, aderindo também às questões ambientais, o que lhe proporciona vantagens estratégicas diante da legalidade governamental e melhoria da imagem de seus negócios perante a sociedade e a seus clientes. Porém o PCP em sua forma tradicional não tem se preocupado com ações ambientais, direcionando esforços para a redução de custos, observando apenas fatores econômicos (OLIVEIRA NETO e LUCATO, 2015).

Considerando que os recursos naturais estão se tornando escassos, bem como: energia elétrica, água potável, petróleo, dentre outros, que podem comprometer a sobrevivência das gerações futuras; o PCP, por sua vez, também

pode ser utilizado para reduzir o impacto negativo ao meio ambiente. Com isso, evitando desperdícios e resíduos em processos produtivos, utilizando fontes renováveis, recuperando, remanufaturando e reutilizando materiais, com objetivo de minimizar o impacto ambiental, além de melhorar sua performance econômica.

2.2 REVISÃO BIBLIOMÉTRICA SOBRE A RELAÇÃO DO PCP COM ECOEFICIÊNCIA

2.2.1 Evolução das publicações

No gráfico 2 é apresentada a evolução das publicações por ano, referente aos 26 artigos encontrados na literatura e que associam os conceitos de PCP e ecoeficiência nas indústrias. Constatou-se que as publicações tiveram inicio em 1984 e que teve um aumento em 2000 logo após o surgimento da definição de ecoeficiência que foi proposta por Schmidheiny (1992) cujo conceito foi enriquecido pelo Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (WBCSD, 2000) o qual, tomou proporção mundialmente. Outros eventos importantes também aconteceram para chamar a atenção das nações em favor do meio ambiente, como o Protocolo de Quioto firmado em 1997, o qual estabeleceu que os 39 países mais industrializados deveriam diminuir a emissão de poluentes. Também em 1998 foi lançada a declaração internacional sobre “produção mais limpa” realizado na Coréia.

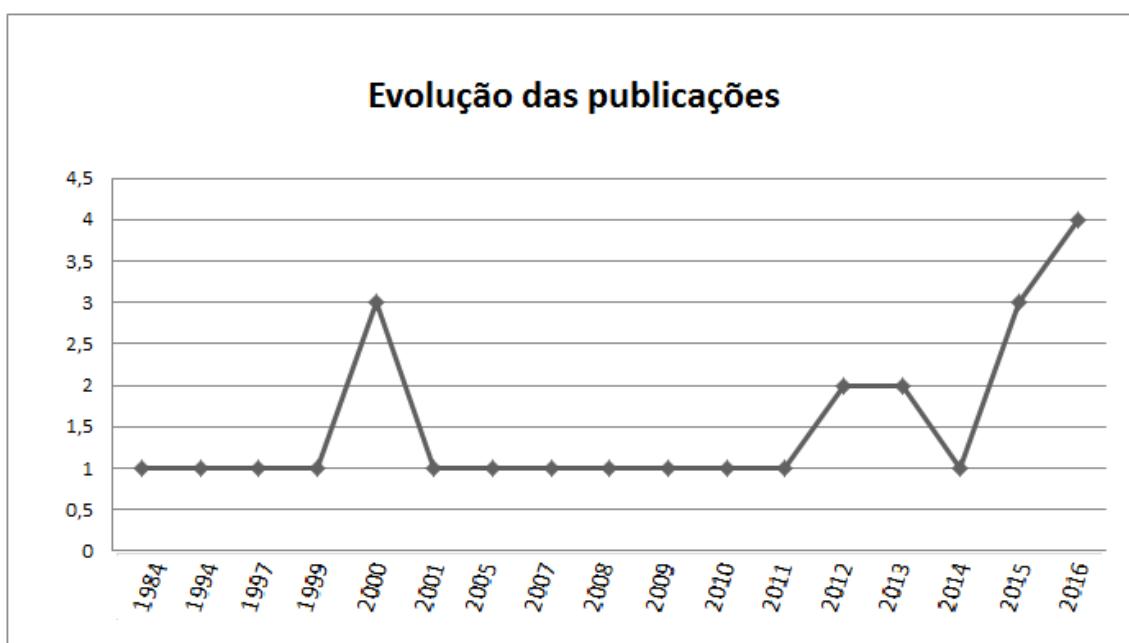


Gráfico 2 – publicações ao longo dos anos

Vários eventos ocorreram por volta do ano de 2000, o que pode explicar o aumento das publicações voltadas para redução de impacto ambiental. E somente a partir de 2011 houve uma nova ascensão das publicações referente ao tema abordado. Embora em 2014 tenha ocorrido uma queda, é possível concluir que as publicações aumentaram nos últimos cinco anos, por se tratar de um assunto de interesse comum da sociedade, consumidores e governo, relacionado à sustentabilidade, proporcionando dessa forma que as indústrias pratiquem redução de impacto ambiental.

2.2.2 Número de publicações por periódicos

Quanto ao número de publicações por periódicos, foi possível constatar que o Journal que obteve mais publicações foi o Production Planning & Control conforme gráfico 3, devido ao seu escopo. Segundo Bradford (1979) a quantidade de periódicos tende a crescer linearmente devido a artigos com temáticas desejadas. No International Journal of Sustainable Engineering foram encontrados quatro artigos, o que pode ser explicado pelo escopo estar relacionado a operações e sustentabilidade.

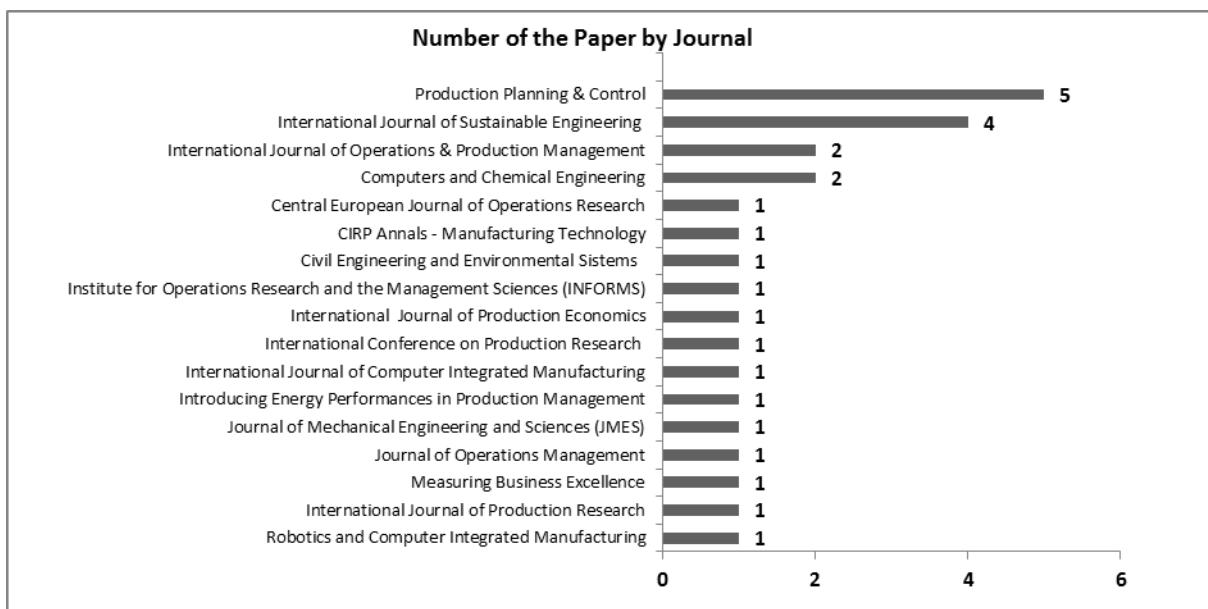


Gráfico 3- Número de publicações por periódicos

Entretanto no Journal Computer and Chemical Engineering and International Journal of Operations & Production Management foram encontrados dois artigos, e

os demais periódicos apenas um artigo. Segundo Bradford (1979) os periódicos com poucos artigos variam em um campo vasto de assunto, o que os tornam em poucas quantidades, porém com uma ampla gama de assuntos.

2.2.3 Setor e metodologia utilizada nas pesquisas

Os setores automotivo e químico apresentaram maiores participações, respectivamente 28,6% e 21,4% conforme gráfico 4. Grandes partes dos artigos estão relacionados à remanufatura no segmento automotivo, visando obter ganho econômico. A explicação da participação desses setores pode ser devido a periculosidade desses produtos quando descartados de maneira incorreta. O setor eletrônico, plástico e metalurgia representaram 14,3% cada, também são apontados como segmentos relevantes, devido seus produtos serem de alto risco para o meio ambiente e sociedade. O setor menos pesquisado foi o segmento têxtil.

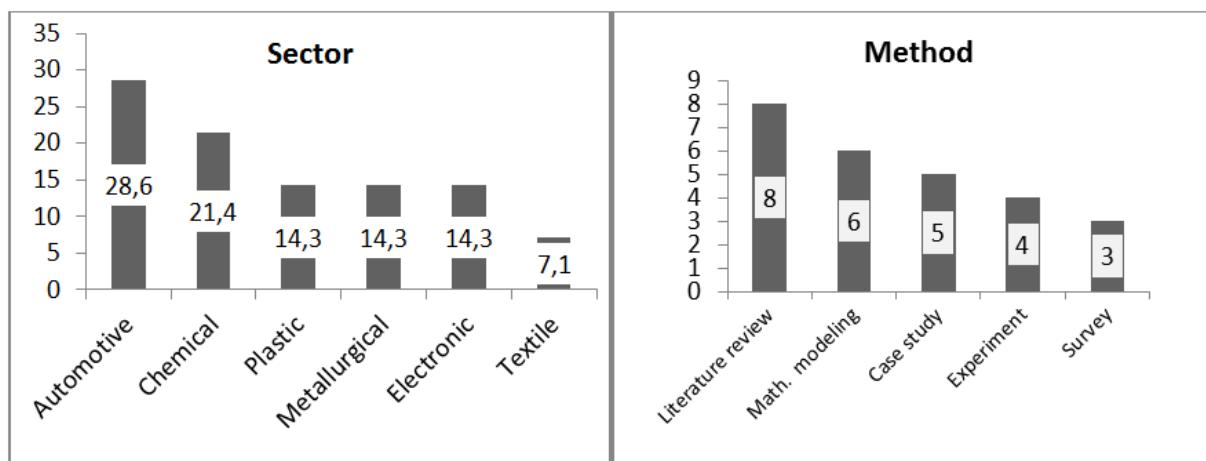


Gráfico 4 - Publicações por setor e metodologia utilizada nas pesquisas

Foram encontrados 8 artigos de revisão da literatura conforme gráfico 4, denotando que são trabalhos seminais, contendo em sua essência apenas indícios relacionados ao tema. Outro método encontrado com frequência expressiva foi modelagem matemática, este é um método que permite calcular e correlacionar decisões múltiplas de gestão de operação e meio ambiente, enfrentado pelo gestor de PCP. Foi constatado apenas 5 estudos de caso, denotando que há poucos estudos utilizando essa temática. Ressalta-se que os métodos menos utilizados foram experimento e survey. Com isso, os resultados mostram que as pesquisas

sobre o assunto estão em nível exploratório por meio de revisão da literatura para identificar caminhos para novas pesquisas, simulação matemática e estudos de casos.

2.2.4 Revisão sistemática sobre a relação entre PCP e ecoeficiência

As vinte e seis pesquisas mencionadas, foram subdivididas em dois blocos, sendo o primeiro relacionado à reciclagem, reuso e remanufatura e o segundo, voltado à eficiência do uso de energia e água. Também os artigos evidenciaram indícios de relacionamento entre práticas de PCP convencional com práticas ambientais conforme a legenda do gráfico 5. Com isso, por meio das pesquisas foi possível identificar que as atividades de PCP convencionais podem proporcionar redução da poluição no meio ambiente e obtenção de ganhos econômicos minimizando desperdícios e contribuindo com a ecoeficiência.

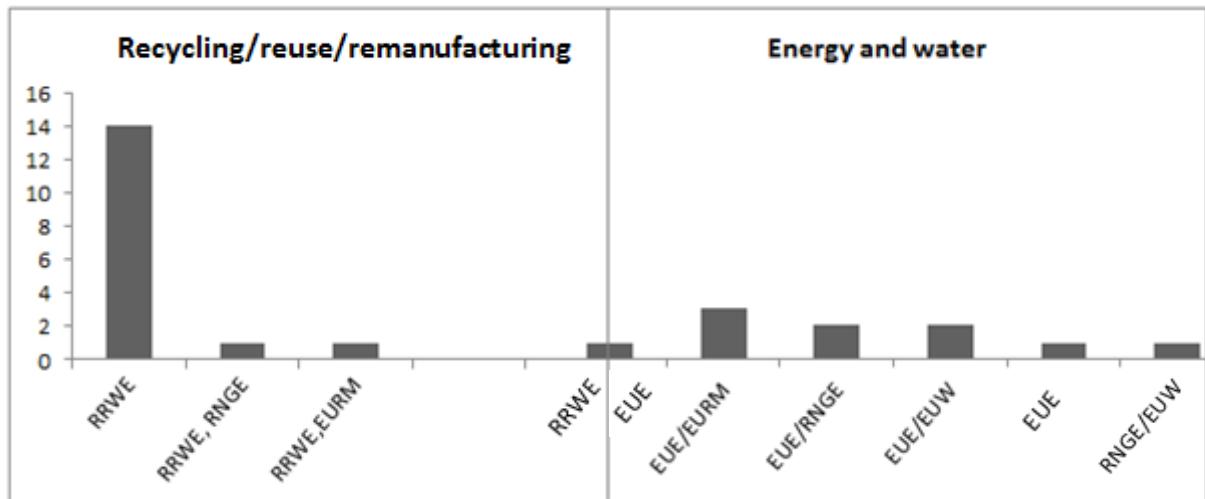


Gráfico 5 - Práticas de ecoeficiência

Legenda: (i) – reciclagem/reuso de resíduos e emissões (RRWE); (ii) redução e não geração de emissão e recursos (RNGE); (iii) - eficiência do uso de matéria-prima (EURM); (iv) - eficiência do uso de água (EUW); (v)- eficiência do uso de energia (EUE).

O primeiro bloco enfatiza sobre a adoção de reciclagem por meio de ações de remanufatura: (i) reciclagem/reuso de resíduos e emissões; (ii) reciclagem/reuso de resíduos e emissões; e redução e não geração de emissões e recursos; (iii) reciclagem/ reuso de resíduos e emissões e eficiência do uso de matéria-prima. E

ainda no primeiro bloco dividindo com o segundo, menciona um artigo sobre: (iv) reciclagem/reuso de resíduos e emissões. No entanto, a outra parte que divide com o primeiro bloco, menciona sobre: (i) eficiência do uso de energia; (ii) eficiência do uso de energia e eficiência do uso de matéria-prima; (iii) eficiência do uso de energia e redução e não geração de emissões e recursos; (iv) eficiência do uso de energia e eficiência do uso de água; (v) eficiência do uso de energia; (vi) eficiência no uso de água e redução e não geração de emissões e recursos, possibilitando demonstrar os resultados pertinentes sobre ganho ambiental e econômico em processos de remanufatura e manufatura.

Inicialmente a prática da eficiência voltado à reciclagem/reuso e remanufatura de resíduos e emissões foram abordados por catorze trabalhos. Guide Jr., Jayaraman e Srivastava (1999) constataram incertezas na remanufatura que faz as atividades de PCP se tornarem complexas comparadas às atividades da manufatura tradicional. Dessa forma foi sugerido produto projetado para reutilização a fim de reduzir lead time no processo e os custos com inventário pelos desperdícios na desmontagem. Sugeriu-se também a adaptação no MRP que permite o gerenciamento e controle do inventário em ambientes recuperáveis, além de proporcionar prevenção de resíduos em um planejamento consciente do PCP. Guide Jr. (2000) realizou survey e constatou características na remanufatura que requerem mudanças nas atividades do PCP. E como resultado, 60% das empresas pesquisadas constataram que o lead time precisa ser reduzido, enquanto 38% citaram a falta de sistemas adequados. A maioria das empresas utilizam sistemas híbridos como MRP combinado com Just-in-time, técnicas Kanban e DBR. Em respostas às questões econômicas, 78% das empresas obtiveram vendas superiores a US \$ 21 milhões por ano, demonstrando que o processo de remanufatura é economicamente e ambientalmente viável. Neste contexto a remanufatura fecha o ciclo com o uso de materiais formando um sistema de fabricação essencialmente fechado.

Ferguson e Browne (2001) desenvolveram um sistema de informação para tomada de decisão na reciclagem de produtos em fim de vida, o qual permitiu comunicação com acesso aos dados armazenados em vários locais ao longo da cadeia. E com isso, foi possível o PCP realizar previsão de demanda, plano mestre de produção e gerir melhor o estoque, com possibilidade de analisar custos de aquisições de veículos em fim de vida, além de reduzir o impacto ambiental. Linton e

Jayaraman (2005) desenvolveram um modelo conceitual com nove formas de extensão de vida do produto o qual fornece um guia sobre diferenças e semelhanças, custos e recursos que são necessários na adoção do PCP por novos modos de extensão de vida do produto. Contudo a criticidade do inventário, que é um dos problemas enfrentados pelo PCP para equilibrar a demanda com os retornos na remanufatura, é reduzida ao considerar a extensão de vida do produto, permitindo dessa forma ganhos ambientais e econômicos. Tang, Grubbstrom e Zanoni (2007) elaboraram um modelo matemático para definir tempo de execução no processo de desmontagem de motores na remanufatura e para determinar uma estratégia de compra de componentes. Dessa forma, o modelo permite melhor suporte ao PCP para redução de custo com inventários e redução de lead time, proporcionando ganhos econômicos e ambientais no processo de remanufatura.

Guide Jr. e Spencer (1997) desenvolveram técnicas de planejamento da capacidade para sistema de remanufatura que possui alta variação em seu processamento bem como na taxa de recuperação. Essa técnica permitiu melhor desenvoltura comparada ao planejamento da capacidade do MRP. Por meio da remanufatura o autor menciona que é possível estimar uma economia entre 40% e 60% dos custos de fabricação em um novo produto. Goggin, Reay e Browne (2000) desenvolveram um modelo de recuperação de recursos por meio de informações do produto em fim de vida ao longo da cadeia. Dessa forma o PCP consegue desenvolver melhorias em sua gestão de estoque, previsão de demanda e PMP, por meio de informações compartilhadas em toda a sua cadeia. A demanda é planejada anualmente, realizando um plano mestre de produção trimestralmente e revisado mensalmente facilitando a desmontagem e tornando a remanufatura mais previsível. Permitindo com isso a disposição de resíduos ambientalmente de forma correta, com atenção ao tratamento prescrito de lixos tóxicos e perigosos.

Para Cao *et al.* (2011) incertezas podem ser diminuída ao aumentar a exploração de informações geradas ao longo do ciclo de vida do produto. Por meio do software desenvolvido, as informações do produto e os registros de manutenção podem ser avaliados para prever status de qualidade, quantidade e tempo de retorno de produtos usados. Assim informações do ciclo de vida do produto, bem como fabricação, design, dentre outras, são transferidas para etiquetas RFID o qual permite melhor suporte de decisão ao setor de PCP a respeito das incertezas no processo de remanufatura.

Digalwar , Tagalpalawar e Sunnapwar (2013) realizaram pesquisa survey com doze medidas de desempenho utilizado na manufatura Green. Entre as medidas de desempenho constatada na pesquisa, o PCP é um setor que permite aos tomadores de decisões reduzirem custos nos processos produtivos e adotarem estratégias em respostas às necessidades do mercado atual. A pesquisa traz indícios relacionados com a redução da poluição por meio da remanufatura, reciclagem e o reuso, reduzindo recursos materiais, minimizando assim o impacto ambiental.

Munot e Hibrahim (2013) em seu trabalho teórico ressaltaram a importância da remanufatura devido a 3 itens: regulamentos ambientais, a conscientização dos clientes sobre o ambiente verde e os benefícios econômicos. Sugeriram também projetos para desmontagem, a fim de melhorar a produtividade e reduzir o lead time no processo de remanufatura.

Lage Junior e Godinho Filho (2015) propuseram em seu trabalho um modelo matemático a fim de determinar a melhor quantidade a ser desmontada com o objetivo de minimizar o custo total em um sistema de remanufatura com rotas estocásticas. Dessa forma, quanto menor a rota de maior custo, menor a diferença entre os custos, o que justifica que em algumas situações desmontar mais produto do que o necessário para atender a demanda pode resultar em um menor custo esperado. Os resultados contribuíram para uma melhor prática de gestão do PCP utilizando modelagem matemática no plano mestre de produção para redução do impacto ambiental e também redução de custos na remanufatura.

Guide Jr. et al. (2000) em sua pesquisa teórica, mencionaram que as atividades de gestão da cadeia de suprimento convencional difere da gestão das atividades da cadeia de suprimento de remanufatura em 7 características que aumentam as incertezas nas atividades de PCP e no processo de remanufatura. Nesse contexto técnicas de MRP podem proporcionar melhor controle no estoque de demanda dependente. Foi sugerido também o uso de sistemas de informações com novas técnicas de PCP para reduzir incertezas na remanufatura a fim de mantê-las mais previsíveis. E com isso, foi proporcionada maior economia e redução de impacto ambiental à organização.

Jena e Sarmah (2016) constataram que ultimamente pesquisadores estão elaborando políticas de preços para atrair produtos usados a fim de reduzir incertezas no processo de remanufatura. Com isso, foi possível manter um equilíbrio

entre oferta e demanda, quanto ao tempo e quantidade no retorno de materiais usados. Mawandiya, Jha e Thakkar (2016) tiveram como principal objetivo determinar uma política de estoque para reduzir custos na aquisição de produtos em uma cadeia de suprimento com circuito fechado em sistema de remanufatura. Foi possível também comparar uma cadeia de suprimento tradicional com uma cadeia de suprimento com circuito fechado em remanufatura, permitindo concluir-se que os custos na cadeia de suprimento em remanufatura tendem a serem menores.

Nikolaidis (2009) realizou um trabalho com práticas da ecoeficiência voltado para reciclagem/reutilização de resíduos e emissões; e redução e não geração de emissões e recursos. Com a utilização de modelagem matemática foi possível o PCP avaliar o lote econômico de compras de produtos. Foi sugerido também um projeto ambiental com racionalização dos recursos naturais, reutilização, redução dos resíduos e consequentemente a redução de poluição.

Foi constatada apenas uma pesquisa por meio das práticas de reciclagem/reuso de resíduos e emissões e eficiência da utilização de matéria-prima. Prajogo, Tang e Lai (2014) realizou survey para estudar a extensão e o equilíbrio da difusão do sistema de gestão ambiental dentro das organizações nas áreas: produção, compras, vendas, logística e P&D. Um dos desempenhos considerado no processo Green foi o PCP focado na redução e otimização de resíduos. Dessa forma, a pesquisa traz como indícios o relacionamento entre o PCP e a ecoeficiência, demonstrando que o PCP tem como característica a integração com praticamente todas as áreas da organização. O que possibilita compartilhamento, e difusão equilibrada do SGA em diferentes áreas da organização na condição de disseminar práticas de gestão ambiental.

Portanto, com o uso de algumas ferramentas/atividades convencionais de PCP foi possível constatar indícios qualitativos para promover melhoria na reciclagem, reuso e remanufatura, tais como: planejamento na previsão do retorno do material para remanufatura com uso do MRP para desenvolver o plano mestre de produção, permitindo contribuir com a melhoria da previsibilidade do sistema; além de adotar modelagem matemática no plano mestre de produção para reduzir custos e também impacto ambiental; planejamento para reduzir o tempo de entrega dos produtos remanufaturados por meio do desenvolvimento do projeto para desmontagem, reparação, separação de resíduos, montagem, teste final; considerar no planejamento dos estoques o ciclo de vida dos produtos para planejar as ações

de retorno dos produtos após o final da vida útil, visando a remanufatura; adoção de modelagem matemática para a gestão de estoques de produtos remanufaturados; planejamento da capacidade de produção considerando a reciclagem e reuso, permitindo reduzir custos na obtenção de matéria-prima; controlar o desempenho da produção, permitindo minimizar os desperdícios de materiais não renováveis; planejar ações na produção para otimizar o sistema, reduzir desperdícios e resíduos, contribuindo com o Green manufacture.

O segundo bloco, conforme gráfico 5, apresenta dez pesquisas que relacionam as atividades/ferramentas de PCP com as práticas ambientais e econômicas voltadas à eficiência do uso de energia e/ou água. Foi identificado apenas um trabalho que mencionam sobre eficiência do uso de energia e reciclagem/reuso de resíduos e emissões. Brennan, Gupta e Taleb (1994) desenvolveram um modelo conceitual e constataram que a remanufatura em termos de desmontagem e montagem representa um desafio para o PCP. Dessa forma, sugere-se projetar produtos para desmontagem e reciclagem, visando minimizar o consumo de energia elétrica. Com isso, é possível também a redução de lead time, minimização da poluição no meio ambiente, devido o reuso de partes e peças e redução no consumo de energia elétrica.

Em relação à eficiência energética e eficiência do uso de matéria-prima, foi possível encontrar três pesquisas. Grauer, Lewandowski, e Wierzbicki (1984) desenvolveram um software de apoio à decisão que tem interface com o ERP, para ser utilizado em problemas de decisões múltiplas enfrentadas pelo gestor de PCP. Com isso, permitiu aumentar a quantidade e qualidade de termoplásticos produzidos, além de reduzir o consumo de energia elétrica e prover reciclagem de solvente no processo produtivo, gerando redução de custos e minimização de impacto ambiental. Vollmer e Schmitt (2015) implantaram um software integrado ao ERP que permitiu calcular recursos materiais e dados de consumo de energia, possibilitando formar indicadores para o controle do PCP por meio da análise do ciclo de vida. Com isso, melhorou o desempenho operacional, econômico e ambiental. Angulo (2016) complementou a integração do sistema ERP à tecnologia da informação e comunicação, por meio da arquitetura *Factory Eco-Motion* que integra dados de sensores ambientais, informações de produção e registro de consumo de energia. Essa integração permitiu o PCP gerir e tomar decisões com

base no desempenho econômico e ambiental, objetivando melhoria no Sistema de Gestão Ambiental.

Foram identificados dois trabalhos sobre eficiência do uso de energia e redução e não geração de emissões e recursos. Cannata e Taisch (2010) constataram em seu trabalho de revisão da literatura que o PCP tem como desafio enfrentar a inclusão adequada da eficiência energética na produção, uma vez que 33% do consumo global de energia e 38% das emissões totais de CO₂ é devido à manufatura. Com isso ações como regras de sequenciamento, evitar produção em horários de pico de energia, avaliação de desempenho, dentre outras atividades do PCP podem ajudar na redução do consumo de energia, além de reduzir o impacto ambiental.

No trabalho de Plehn *et al.* (2012) foi implementado o sequenciamento de produção que reduziu o tempo de setup, minimizando o consumo de CO₂ e energia em 13%. Dessa forma, para a redução do consumo de energia e CO₂ é importante sequenciar as cargas corretamente, pois, não depende apenas do volume de produção, mas também do tipo de máquina utilizada e o agrupamento adequado dos tipos de materiais processados.

Foram identificados dois trabalhos sobre o relacionamento entre eficiência do uso de energia e água. Nikolopoulou e Lerapetritou (2012) constataram que é possível a criação de métodos estocásticos para tomada de decisão para analisar impacto ambiental em processos químicos. Porém, esse fato não se limita apenas ao material envolvido no processo, mas também há fatores como a análise do consumo de energia e água e análise do ciclo de vida do produto, que são análises complexas de realizar em processos de remanufatura e reciclagem na cadeia de suprimento. Essa complexidade ocorre porque o processo de remanufatura gera incerteza em quantidade, *lead time* e inventário. Também, foi publicada apenas uma pesquisa com eficiência no uso de água e redução e não geração de emissões e recursos.

Oliveira Neto e Lucato (2015) desenvolveram um estudo de caso na indústria química localizada no Brasil e constataram que a aplicação do sequenciamento de carga por meio do *workload control* resultou em redução de custo em 42%. Também, concluiu por meio da aplicação da ferramenta *Material Intensity Factors* (MIF) que houve redução do impacto ambiental de 45.585 kg no compartimento abiótico, 2.762.224 kg de água e 7.169 kg no ar.

Foi constatado apenas um trabalho a respeito das práticas da ecoeficiência voltados para redução e não geração de emissões e recursos e eficiência no uso de água. Wu e Chang (2008) realizaram um estudo de caso em uma empresa de tingimento têxtil em Taiwan e concluíram que o uso de análise multicritério pode auxiliar o gestor de PCP na tomada de decisão em termos ambientais e econômicos, permitindo minimizar o custo de produção e custo ambiental. Também visa a maximização da capacidade de produção e redução do custo com resíduos e água, além da redução com inventário.

Foi encontrado apenas um trabalho com práticas de eficiência do uso de energia. Mousavi *et al.* (2016) em sua pesquisa pôde demonstrar que é possível o PCP melhorar a eficiência energética ao lidar com unidades dinâmicas no processo produtivo, a fim de obter resultados de melhoria na ecoeficiência. Dessa forma, o tempo total de produção e o rendimento estão relacionados à aspectos econômicos, enquanto o consumo de energia caracteriza aspecto de impacto ambiental.

Portanto o PCP pôde promover melhorias na ecoeficiência pelo uso de suas ferramentas/atividades ao adotar o sequenciamento da produção para redução de energia elétrica e minimização no consumo de água no processo produtivo. Também foi possível integrar o sistema ERP/MRPII à Tecnologia da Informação e comunicação para mensurar indicadores de ecoeficiência. Além da possibilidade de considerar no planejamento do PCP, modelo de decisão multicritérios aplicados ao planejamento da capacidade, considerando: custo de inventário, custo da produção, custos ambientais, e eficiência energética.

Quadro 4 – Síntese das práticas do PCP relacionado a ecoeficiência

AUTORES	ANO	Práticas de PCP Tradicional	Relação com ecoeficiência
Angulo et al	2016	Integrar as decisões de PCP com outras áreas da empresa.	O software integra dados de sensores ambientais, informação de produção e registros de consumo de energia permitindo monitoramento simultâneo pelo PCP, o que possibilita integrar a produção à informações inerente ao meio ambiente, a fim de acompanhar o desempenho da ecoeficiência na organização.
Jena e Sarmah	2016	Gestão de estoque.	Os pesquisadores estão se concentrando na elaboração de política de preços para atrair produtos usados e tornar mais previsível o retorno do material, pois dessa forma é possível reduzir incertezas na remanufatura, o qual é um problema para o PCP

Continuação Quadro 4 – Síntese das práticas do PCP relacionado a ecoeficiência

AUTORES	ANO	Práticas de PCP Tradicional	Relação com ecoeficiência
Mawandiyah, Jha e Thakkar	2016	Gestão de estoque.	Os modelos apresentados neste artigo podem ser aplicáveis às indústrias de fabricação de baterias automotivas (chumbo-ácido). Foram considerados custos de manutenção de estoque para efeito de cálculo dos custos. O circuito fechado da cadeia de suprimento proporcionou custo economicamente viável além de prevenir perigos ambientais.
Mousavi et al	2016	Sequenciamento de carga.	O consumo de energia pode ser reduzido em 9% ao aumentar o tamanho do lote.
Lage e Godinho Filho	2015	Plano Mestre de Produção.	Foi desenvolvido um modelo matemático no plano mestre de produção que determina o melhor número de produtos a serem desmontados na remanufatura com rotas estocásticas a fim de reduzir incertezas no PCP. Dessa forma reduz-se custo e o impacto ambiental.
Oliveira Neto e Lucato	2015	Sequenciamento de Carga.	Por meio do sequenciamento foi possível obter ganho econômico de 42% na produção e redução de impacto ambiental de 13% sendo 45.585kg de material abiótico, 2.762.224kg de água e 7.169kg de ar
Vollmer e Chmitt	2015	Integrar as decisões de PCP com outras áreas da empresa utilizando o ERP.	Este artigo apresenta uma metodologia incorporada no software e conectado a sistema de TI que pode fornecer informações sobre consumo de energia e recursos materiais que podem ser monitorados de forma fácil a identificação de resíduos e processos técnicos, possibilitando tanto melhorias econômicas como ambientais.
Digalwar, Tagalpalawar e Sunnapwar	2013	Acompanhamento e controle da produção/relatórios de avaliação de desempenho.	O PCP é considerado como uma medida de desempenho do Green Manufacture. E o PCP deve implementar programas destinado a introduzir tecnologias mais limpas, equipamentos, recursos naturais, plantas com impacto ambiental reduzido.
Munot e Ibrahim	2013	Redução de lead time.	A remanufatura visa restaurar produtos usados em produtos remanufaturados com condições de qualidade tão boa quanto aos novos produtos. Menciona que o PCP enfrenta desafios devido a complexidade na desmontagem e montagem de produtos. Sugere projeção de produtos com design de produto voltados para a remanufatura.
Prajogo, Tang e Lai	2013	Integrar as decisões do PCP com outras áreas da empresa.	Considera no Sistema de Gestão Ambiental a necessidade de ter o PCP focado na redução de resíduo e matéria-prima
Nikolopoulou e Lerapetritou	2012	Gestão de estoque.	Este artigo tem um apelo pela falta de procedimentos que integrem várias abordagens simultaneamente como gestão de estoque, reciclagem, consumo de energia, em que o impacto ambiental deveria ser considerado, porém não é. Dessa forma sugere-se o desenvolvimento de procedimentos que consigam mensurar os impactos ecoeficientes.
Plehn et al	2012	Sequenciamento de Carga, redução de setup.	Após a implementação de sequenciamento houve uma melhoria de 13% de produção e energia elétrica.
Cao et al	2011	ERP em interface com aplicativos RFID.	Desenvolveram um sistema que permite gerar informações de ciclo de vida do produto, diminuindo incertezas, proporcionando melhores decisões na remanufatura.
Cannata e Taisch	2010	Sequenciamento, acompanhamento e controle da produção /Relatórios de avaliação de desempenho.	O PCP deve inserir em suas atividades indicadores de desempenho de eficiência energética, uma vez que 33% do consumo global de energia e 38% das emissões totais de CO ₂ deve-se ao processo de manufatura. O sequenciamento de carga é mencionado como uma possível ferramenta para redução de energia por meio de indicadores de eficiência energética.

Continuação Quadro 4 – Síntese das práticas do PCP relacionado a ecoeficiência

AUTORES	ANO	Práticas de PCP Tradicional	Relação com ecoeficiência
Goggins, Reay e Browne	2010	Plano mestre de produção (PMP), previsão de demanda.	A Multis é uma empresa de remanufatura a qual tem compartilhamento de informações on-line ao banco de dados da engenharia a fim de facilitar a desmontagem e outras operações de remanufatura. O objetivo do modelo é fornecer informações sobre toda a cadeia de suprimento. Dessa forma o planejamento da demanda e o plano mestre de produção são realizados de forma eficiente.
Nikolaidis	2009	Gestão de estoque.	um modelo de programação matemática permite empresas de remanufatura a tomar decisões quanto às quantidades a serem compradas e remanufaturadas, proporcionando benefícios econômicos e ambientais.
Wu e Chang	2008	Planejamento da Capacidade, gestão de estoque.	Este artigo descreve sobre procedimentos para otimizar o processo de fabricação de tingimento textil em relação ao impacto das taxas de poluição, taxas de conservação de recursos, custo de produção, custo de inventário e limitações da capacidade de produção simultaneamente.
Tang, Grubbstrom e Zananoni	2006	Redução de lead time, gestão de estoque.	O modelo desenvolvido permite definir tempo de execução planejado pelo PCP e para determinar uma estratégia de compra de componentes a fim de reduzir custos e obter maior economia na recuperação do produto.
Linton, J. D. and Jayaraman, V.	2005	Gestão de estoque.	Considera nove diferentes modos de extensão da vida do produto e comenta sobre as características de cada um envolvendo os desafios que o PCP enfrenta na remanufatura, reciclagem e reuso. A força motriz por trás da extensão da vida do produto é ambiental e economicamente viável.
Grauer, Lewandowski e Wierzbicki	2001	Integrar decisões do PCP com outras áreas por meio do MRP.	Foi desenvolvido um procedimento por meio de análise de decisão multiobjetivo que está relacionado com MRP para aumentar a produção, melhorar a qualidade e reduzir o consumo de energia.
Ferguson e Browne	2001	Gestão de estoque, previsão de demanda, plano mestre de produção.	Desenvolveram um sistema de informação de suporte para a reciclagem de produtos de fim de vida na indústria automotiva. O modelo permite que a desmontadora analise partes do veículo no fim de vida para saber se um determinado pedido deve ser aceito ou não. Com isso é possível uma melhor gestão com a previsão de demanda e o plano mestre de produção.
Guide Jr.	2000	MRP, kanban, DBR.	Realizou survey e constatou que as empresas de remanufatura utilizam sistemas de planejamento e controle de produção híbridos entre eles: MRP, kanban e DBR para controlar operações.
Guide Jr. et al	2000	Gestão de estoque, MRP.	Os gerentes devem tomar decisões para reduzirem incertezas no tempo e quantidade de retorno de produtos na remanufatura. Técnicas de PCP, como o uso do MRP modificado pode melhorar o controle de estoque, reduzindo custos, proporcionando melhor ecoeficiência na remanufatura.
Guide Jr., Jayaraman e Srivastava	1999	MRP para gestão e controle de estoque.	Mencionam que a complexidade da incerteza na remanufatura é um desafio enfrentado pelo PCP na gestão do estoque, e comenta que MRP modificado pode permitir melhor gerenciamento e o controle de inventários de demanda dependentes em ambientes recuperáveis.
Guide Jr. e Spencer	1997	Planejamento da capacidade, plano mestre da produção.	Desenvolveram um modelo de planejamento da capacidade na remanufatura que possui melhor tempo de processamento e melhor taxa de recuperação variável comparado ao modelo tradicional Capacity Requirement Planning (CRP).
Brennan, Gupta e Taleb	1994	Redução de lead time.	O autor por meio de indícios qualitativos fala sobre tendências no mundo industrial relacionando com meio ambiente. Menciona sobre a fusão da lógica MRP com os algoritmos de desmontagem e heurísticas para proporcionar melhorias econômicas e ambientais.

No quadro 4 encontra-se uma síntese das atividades/ferramentas do PCP relacionado com ecoeficiência. Embora boa parte dos trabalhos apresentaram apenas indícios do tema pesquisado, no entanto acredita-se que a pesquisa contribui com a ciência uma vez que este se apresenta em nível exploratório identificando possibilidade das atividades de PCP relacionar com práticas econômicas e ambientais.

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

Nessa seção é apresentado a metodologia de pesquisa que foi utilizada para a realização deste trabalho, o qual desenvolveu-se uma revisão bibliométrica e sistemática para identificar contribuições teóricas e lacunas de pesquisas. A ciência nos permite avaliar o conhecimento e contribuir com o desenvolvimento e evolução de temáticas relevantes e pouco exploradas. Conforme Pritchard (1969) por meio de estudos bibliométricos quantitativos é possível conhecer e analisar o perfil das publicações.

Nesta pesquisa foi adotado objetivo exploratório e abordagens qualitativa e quantitativa por meio da análise de múltiplos casos, seguido do planejamento dos casos, o qual permitiu a aplicação do instrumento de pesquisa em três empresas no ramo de embalagem plástica, utilizando como coleta de dados, pesquisas documentais e entrevistas semiestruturadas.

Foi conduzido como método um estudo de caso, realizado como teste piloto, para testar o procedimento antes da aplicação nas demais empresas. Na sequência aplicou-se o mesmo procedimento em mais 2 empresas com os devidos ajustes necessários percebidos na aplicação do caso “1”. Posteriormente realizou-se a discussão intracasos e intercasos com a finalidade de identificar semelhanças e diferenças entre os casos estudados, a fim de obter conclusões em relação a aplicação de atividades/ferramentas de PCP relacionando à ecoeficiência.

3.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica se desenvolveu por meio da revisão bibliométrica e sistemática o qual permitiu dar suporte às análises apresentadas neste estudo.

3.1.1 Pesquisa bibliométrica e sistemática.

Uma pesquisa bibliométrica e sistemática foi realizada para analisar estatisticamente os trabalhos científicos identificados nas bases de dados mencionadas. E com isso foi possível quantificar e qualificar os dados encontrados nos artigos em estudo.

Para realizar a busca dos artigos foram formulados 8 conjuntos de palavras-chave e suas cognatas com base no tema PCP e sua relação com ecoeficiência nas indústrias, para identificar ganhos econômicos e ambientais devido a adoção de práticas/ferramentas do PCP. Foram utilizadas as seguintes palavras : (i)"production planning and control""eco-efficiency"; (ii)"production planning and control" "environmental""economic"; (iii) "production planning and control""environmental" "financial" (iv)"production planning and control""sustainable"; (v) "Production planning and control"" environmental" (vi) "Production planning and control" "economic"; (vii)"Production planning and control""financial"; (viii) "Production planning and control""sustainability". Essas palavras foram agrupadas de forma a associar às práticas e ferramentas de PCP com a redução do impacto ambiental e ganho econômico. Inicialmente foram identificados 1326 artigos publicados. Dos 1326 artigos encontrados nas bases de dados mencionadas anteriormente, ao serem extraídos e analisados, percebeu-se que 203 artigos eram repetidos, 411 continha o termo *environmental*, porém representavam outras palavras compostas que não estavam relacionadas ao meio ambiente. Foram constatados também 87 artigos que constava apenas o tema PCP sem relacionar o meio-ambiente e 75 mencionando sobre o meio ambiente, porém não relacionava com o PCP. Dos artigos analisados 45 continham a palavra PCP apenas nas referências e 48 continham *environmental* apenas nas referências. 396 representavam artigos de várias áreas que não estavam relacionadas com indústrias, portanto não estava no escopo da pesquisa. 35 pesquisas representavam livros referentes ao assunto pesquisado. Contudo, apenas 26 artigos foram encontrados que relacionam PCP com ecoeficiência, sendo que boa parte desses artigos analisados foram encontrados apenas indícios da temática em pesquisa.

Segundo Araújo (2006) o termo bibliometria foi criado por Paul Otlet em 1934, e popularizado em 1969, por meio do trabalho desenvolvido por Pritchard, o qual utilizou em seu estudo os termos bibliografia estatística e bibliometria. Conforme Bernardino e Cavalcante (2011) o termo bibliometria era conhecido antes como bibliografia estatística o qual foi cunhado por Hume em 1923.

Para Pritchard (1969) a bibliometria é um método estatístico que permite desenvolver diferentes indicadores, colaborando com pesquisadores que usam os resultados dessa técnica para análise da produção científica, o qual tem por objetivo

medir e quantificar os resultados, para evitar distorções na análise e interpretação dos dados. Conforme figura 1, as principais leis que pautam a bibliometria são: (i) A lei de Bradford conhecida também como lei de dispersão do conhecimento científico que incide principalmente sobre periódicos, estimando seu grau de relevância pela distribuição de artigos, por meio do afastamento ou proximidade do tema com o periódico. Com isso, os periódicos que tem poucas publicações possuem um vasto campo de temas que fazem parte de seu escopo, enquanto que os artigos com temas interessantes tendem a um crescimento linearmente. (ii) A lei de Lotka que menciona sobre a produtividade científica dos autores, ou seja, como diferentes pesquisadores contribuem para o progresso da ciência. Lotka (1926) estabeleceu fundamentos da lei do quadrado inverso, mencionando que n contribuições realizadas por pesquisadores em uma determinada área científica é de aproximadamente $1/n^2$. Admitindo dessa forma que pesquisadores de maiores prestígios produzem muito, enquanto que os de menores prestígios produzem pouco.

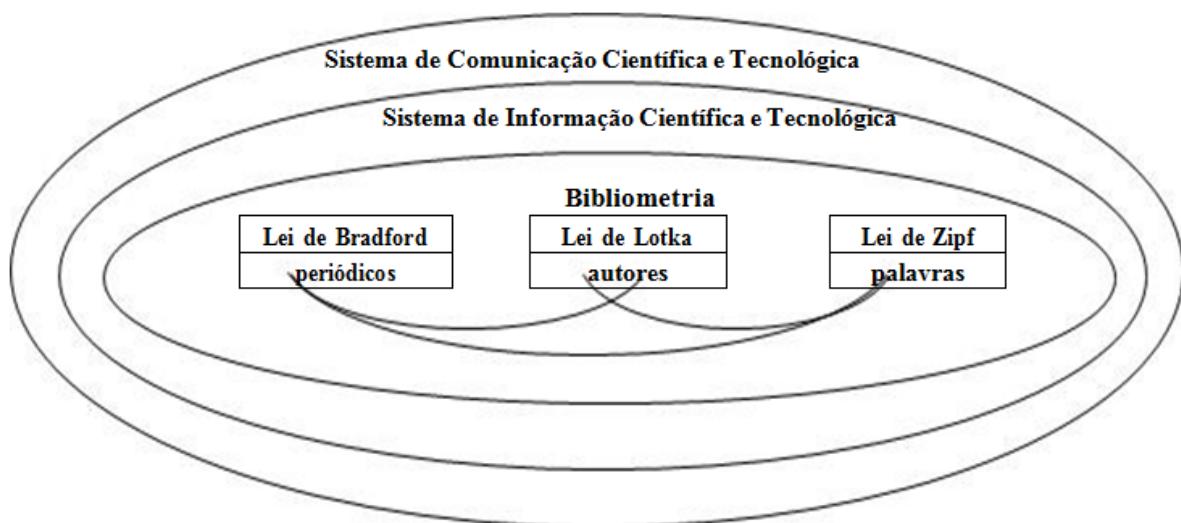


Figura 1 – Principais leis da bibliometria

Fonte: Guedes e Borschiver, 2005, p.10

(iii) lei de Zipf refere-se à repetição de palavras contidas em um texto e região concentrada das palavras chave (ZIPF, 1949).

Por meio da pesquisa bibliográfica foi possível identificar informações

relevantes que contribuíram para a realização da pesquisa como números de estudos produzidos nas temáticas de interesse, periódicos de maiores publicações e que se dedicam à temática de interesse. Também foi utilizado setores, métodos dentre outras informações relevantes e pertinentes ao tema.

3.2 PLANEJAMENTOS DOS CASOS

3.2.1 Procedimento de Pesquisa

O Procedimento de pesquisa do presente trabalho compreende as seguintes etapas:

(i) Estabelecer os objetivos da pesquisa; (ii) Identificar as indústrias que se enquadrem na temática e objetivos; (iii) agendar entrevista com o representante legal, o qual seja capacitado para fornecer dados e informações para a realização da pesquisa; (iv) por meio de documentos, entrevistas e observações, desenvolver o fluxograma do processo produtivo de cada empresa e descrever ações de PCP adotadas que poderão culminar em resultados econômicos e ambientais; (v) tabular informações identificando suas relevâncias para a realização da pesquisa; (vi) realizar análise econômica e ambiental antes e depois da interferência do PCP no processo produtivo; (vii) realizar comparação dos resultados das empresas em análise para discussão intracasos e intercasos, identificando diferenças e semelhanças; (viii) concluir o estudo.

3.3 ESCOLHA DO MÉTODO A SER UTILIZADO

Segundo Yin (2015) estudo de caso permite a realização de uma investigação empírica analisando um determinado tema em profundidade quando o objeto de estudo e o contexto não estiver claramente evidentes. Dessa forma Yin (2015) apresenta quatro tipos básicos de estudo de casos: (i) Estudo de caso único holístico – unidade única de análise e único caso; (ii) Estudo de caso único integrados – unidades múltiplas de análise e único caso; (iii) Estudo de casos múltiplos holísticos – unidade única de análise e múltiplos casos; (iv) Estudo de casos múltiplos integrados – unidades múltiplas de análise e múltiplos casos. Com

base nessa teoria, a presente pesquisa é definida como estudo de caso múltiplo holístico, uma vez que se trata de casos de três empresas nacionais com unidade única de análise de práticas de PCP, em empresas fabricantes de embalagens plásticas.

Nesse trabalho utiliza-se uma abordagem qualitativa e quantitativa para análise dos objetivos propostos. Na abordagem qualitativa segundo Martins (2012) a realidade subjetiva dos indivíduos envolvidos na pesquisa é considerada importante e contribui para o desenvolvimento da pesquisa. Quanto à abordagem quantitativa ainda conforme Martins (2012) a mensurabilidade é uma das principais preocupações dessa abordagem, por exercer um importante papel na realização da pesquisa. Para análise quantitativa será utilizado a metodologia desenvolvida pelo *Instituto Wuppertal* na avaliação do impacto ambiental conforme explicada no quadro 5

Quadro 5- Metodologia para avaliação ambiental e econômica da implantação das Ferramentas da ecoeficiência em operações

Levantamento de dados	- Levantamento da quantidade de resíduos e emissões a serem reduzidos e/ou eliminados e/ou reusados e/ou reciclados e/ou remanufaturados, denominados Massa (M) com a implantação da ferramenta da ecoeficiência. -Desenvolvimento do balanço de massa para detalhar os materiais/componentes e calcular o Material Total Economizado (MTE).
Avaliação Econômica	-Qualificar financeiramente os elementos constatados no levantamento de dados para identificar se ocorreu ganho econômico (GE) para a empresa. -Avaliar o Retorno do investimento (ROI). $\% \text{ ROI} = \text{lucro líquido mensal ou anual}/\text{investimento mensal ou anual}$ Eq.1 $\text{Período ROI} = \text{investimento em ganhos ambientais e econômicos}/\text{lucro líquido}$ Eq.2
Avaliação Ambiental	-Avaliar o ganho ambiental por meio da ferramenta Mass Intensity Factors (MIF). considerando a Massa (M) e o Intensity Factors (IF). $MIF = (M \times IF)$ Eq.3 -Avaliar o Mass Intensity por compartimento (MIC) que mensura a redução do impacto ambiental por compartimento abiótico (w), biótico (x), água (y), ar (z) e outros (n...). $*MIC = (IF \text{ resíduo A do compartimento w} + IF \text{ resíduo B do compartimento w} + IF \text{ resíduo C do compartimento w} + IF \text{ resíduo n do compartimento w})$ Eq.4 Exemplo de MIC para o compartimento w, idem para os demais. -Avaliar o Mass Intensity Total (MIT) contabilizando a redução de impacto total, quando somados os MICs. $MIT = (MIC_w + MIC_x + MIC_z + MIC_n \dots)$ Eq.5
Comparação do ganho econômico e ambiental	-Comparar o ganho econômico com o ambiental e vice versa para verificar o Índice do Ganho Econômico (IGE) e Índice do Ganho Ambiental (IGA). $IGE = (MET/GE)$ Eq.6 $IGA = (MIT/GE)$ Eq.7

Fonte – Oliveira Neto *et al.*(2010, 2014)

Como análise na avaliação do impacto econômico calculou-se o retorno do

investimento (ROI) em dois casos, sendo que no terceiro não houve a necessidade de calcular o ROI para realizar análise econômica pelo fato de não ter sido realizado investimento. Segundo Martins (2000) a melhor maneira de avaliar um investimento é através do lucro obtido em um período de tempo dividido pelo investimento. Em dois dos casos foram utilizados também a taxa interna de retorno (TIR) que é uma taxa de juros implícita entre pagamentos (saídas) e recebimento (entradas), que tem a função de aplicar o fator de juros sobre um valor presente (HOJI, 2010). Foi utilizado também o *Playback*, para análise econômica e viabilidade de projeto. Para Torres *et al.* (2000) o *playback* é o cálculo que estipula em quanto tempo será recuperado o capital que foi investido em um determinado projeto. Quanto aos objetivos, esta pesquisa é caracterizada como exploratória, pois é usada como objetivos de prover critérios e compreensão (MALHOTRA, 2001). Dessa forma, há uma tentativa de se familiarizar com o fenômeno pesquisado para aumentar o conhecimento do pesquisador. Segundo Prodanov e Freitas (2013) é possível manter flexibilidade no planejamento de uma pesquisa exploratória, permitindo uma abordagem do tema sob diferentes ângulos e aspectos. Como exemplo, pode ser citado: levantamento bibliográfico, exemplos que podem ser analisados a fim de estimular a compreensão, entrevista com o profissional experiente no assunto em questão.

Como instrumento de coletas de dados foi utilizado pesquisas documentais e entrevistas semiestruturadas. De acordo com Cervo e Bervian (2002) a conversa face a face obtido por meio de entrevista é uma técnica primordial utilizada para coleta de dados, obedecendo a um parâmetro a fim de obter informações sobre o assunto pesquisado. As entrevistas podem ser classificadas em três tipos: entrevistas estruturadas ou padronizadas, não estruturadas ou despadronizadas e semiestruturadas ou semipadronizadas. Segundo Laville e Dionne (1999) o tipo mais usual de entrevista é a semiestruturada, por meio de um roteiro de entrevista. No entanto, neste trabalho realizou-se entrevistas semiestruturadas com o responsável pelo setor de PCP de três empresas fabricantes de embalagens plásticas.

3.4 CRITÉRIO PARA A SELEÇÃO DE CASOS

Segundo Miles e Huberman (1994) há uma lista de questões que auxiliam a escolha de critérios para a seleção de casos: (i) a amostra escolhida deve ser relevante para a questão em pesquisa; (ii) O que foi proposto identificar na pesquisa de fato pode ser encontrado na amostra? (iii) É possível realizar comparação entre os casos escolhidos e se existem algum grau de generalização? (iv) Existe consonância entre o que foi exposto nos estudos de casos com a vida real? (v) Existe viabilidade nos casos escolhidos no que tange, custo, tempo e acesso às informações? Dessa forma, fatos observados pelo autor foram analisados, desde a relevância da amostra, possibilidade de comparação entre os casos selecionados, consonância desses com a vida real, bem como a viabilidade quanto ao custo e tempo, foram fatores preponderantes na escolha dos casos.

Para Yin (2015), a escolha dos casos a serem considerados em um estudo, apresenta duas estratégias: (1) a replicação literal, neste caso os resultados da pesquisa serão similares para os diversos casos estudados. Dessa forma a realização de dois ou três casos é o suficiente. E (2) replicação teórica, que assume resultados contrários. Nessas condições deverão ser considerados quatro ou mais casos. Fato pelo qual a pesquisa que se propõe desenvolver aqui, irá utilizar a estratégia (1) proposta por Yin (2015) que é a replicação literal. E conforme recomendação do autor foram selecionadas três empresas do ramo plástico a fim de confirmar a seguinte proposição: A utilização das atividades/ferramentas de Planejamento e Controle de Produção integradas as práticas ambientais pode promover melhorias na ecoeficiência, em empresas fabricantes de embalagens plásticas.

3.5 TRATAMENTO DOS DADOS

Segundo Yin (2015) a análise dos dados representa a categorização e relacionamento das evidências de acordo com a proposta da proposição em estudo. Dessa forma é proposto por Yin (2015) duas estratégias de forma geral e quatro específicos modelos para conduzir uma análise de estudo. A primeira tem por base as proposições teóricas que originaram o estudo de caso. A segunda estratégia

permite que o estudo seja estruturado de forma descritiva, permitindo maior nível de entendimento aos envolvidos. Ainda segundo Yin (2015) os quatro modelos específicos de análise de estudo são: (i) Adequação ao padrão, esse modelo tem por objetivo comparar o modelo proposto com o que foi encontrado no estudo; (ii) construção da explanação que tem por objetivo, analisar os dados do estudo de caso a fim de construir uma explicação a respeito do caso; (iii) análise de séries temporais, é a condução análoga realizadas por meio de experimentos e trabalhos quase experimentais com observações realizadas ao longo do tempo; (iv) modelos lógicos, é um encadeamento de acontecimentos ou eventos que tem por objetivo combinar análise de longo período e adequação ao padrão.

Diante das estratégias gerais e modelos específicos apresentados por Yin (2015), o trabalho utilizou como base a proposição que deu origem à pesquisa. E em relação ao específico utilizou adaptação ao modelo padrão objetivando comparar um padrão ao outro e se houver semelhanças nos resultados, poderão ajudar a reforçar a validade do estudo.

Para análise e discussão dos dados foram adotadas abordagens qualitativa e quantitativa; a abordagem qualitativa foi utilizado para análise intercaso e a abordagem quantitativa para a análise intracaso. Para Miles e Huberman (1994) a análise intracaso consistiu na análise individual de cada caso, o que possibilita constatações empíricas com base no objeto de estudo. Na análise intracaso foi utilizada a metodologia conforme proposta por Oliveira Neto *et al.* (2014) que envolveu as etapas de levantamento de dados, avaliação econômica, ambiental e comparação entre os ganhos econômicos e ambientais. Dessa forma os dados obtidos foram aplicados através da ferramenta *Mass Intensity Factores (MIF)*, por meio da metodologia desenvolvida pelo *Instituto Wuppertal* na avaliação do impacto ambiental. E para o cálculo de análise econômica foi aplicado em dois estudos de caso o ROI, TIR e *Playback* para analisar o tempo do retorno. Porém no terceiro estudo não foi necessário aplicar o ROI, TIR e nem o *Playback* para obter o valor economizado.

Enquanto na análise intercasos, conforme proposto por Miles e Huberman (1984), foi possível tecer discussões dos dados por meio de comparações dos casos estudados.

4. RESULTADOS INTRACASOS E INTERCASOS.

Este capítulo apresenta os resultados obtidos por meio de múltiplos casos realizados às empresas fabricantes de embalagens plásticas a fim de demonstrar os valores econômicos e ambientais individualmente de cada empresa “A”, “B” e “C”, contemplando a análise intracasos. E posteriormente foi realizada comparação entre os casos, para identificar diferenças e semelhanças dos resultados obtidos.

4.1 RESULTADOS INTRACASOS

4.1.1 Estudo de Caso da empresa “A”

Este estudo de caso foi realizado em uma empresa de médio porte localizado na região metropolitana de São Paulo. Conforme o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) a classificação para empresas de médio porte é a que se enquadra em uma receita operacional bruta maior que 16 milhões e menor ou igual a 90 milhões por ano. A empresa estudada tem receita operacional bruta mensal em média de 6 milhões/mês, e 72 milhões anual, dessa forma pode ser classificada como de médio porte. A empresa possui em média 150 funcionários e atua no setor de embalagens em específico no segmento plástico. Na figura 2 é apresentado o mapeamento do processo produtivo da empresa “A” conforme as seguintes etapas:

Etapa 1. O processo fabril inicia-se após a confirmação do pedido negociado entre o cliente e o vendedor. O profissional de vendas emite um pré-pedido para o setor de PCP, que por sua vez lança no MRP e gera a necessidade de matéria prima a fim de realizar o planejamento, providenciando compra de materiais se necessário. Após o procedimento é emitido uma ordem de fabricação e encaminhado para o primeiro setor produtivo.

Etapa 2. Setor de Extrusão, o qual possui quatro máquinas com velocidade de 15.000kg/dia, produzindo 24 horas por dia e média de 450 toneladas por mês. Nesse setor acontece a transformação do granulado de polietileno em filme plástico. Conforme figura 2, o cliente pode solicitar filme sem impressão ou impresso: a) O filme sem impressão ou também chamado de “liso”, caso solicitado, não terá mais etapa no processo produtivo, portanto é finalizado na extrusão; b) filme impresso,

caso o cliente tenha optado por obter esse tipo de embalagem, a Ordem de Fabricação (OF) segue o fluxo conforme figura 2

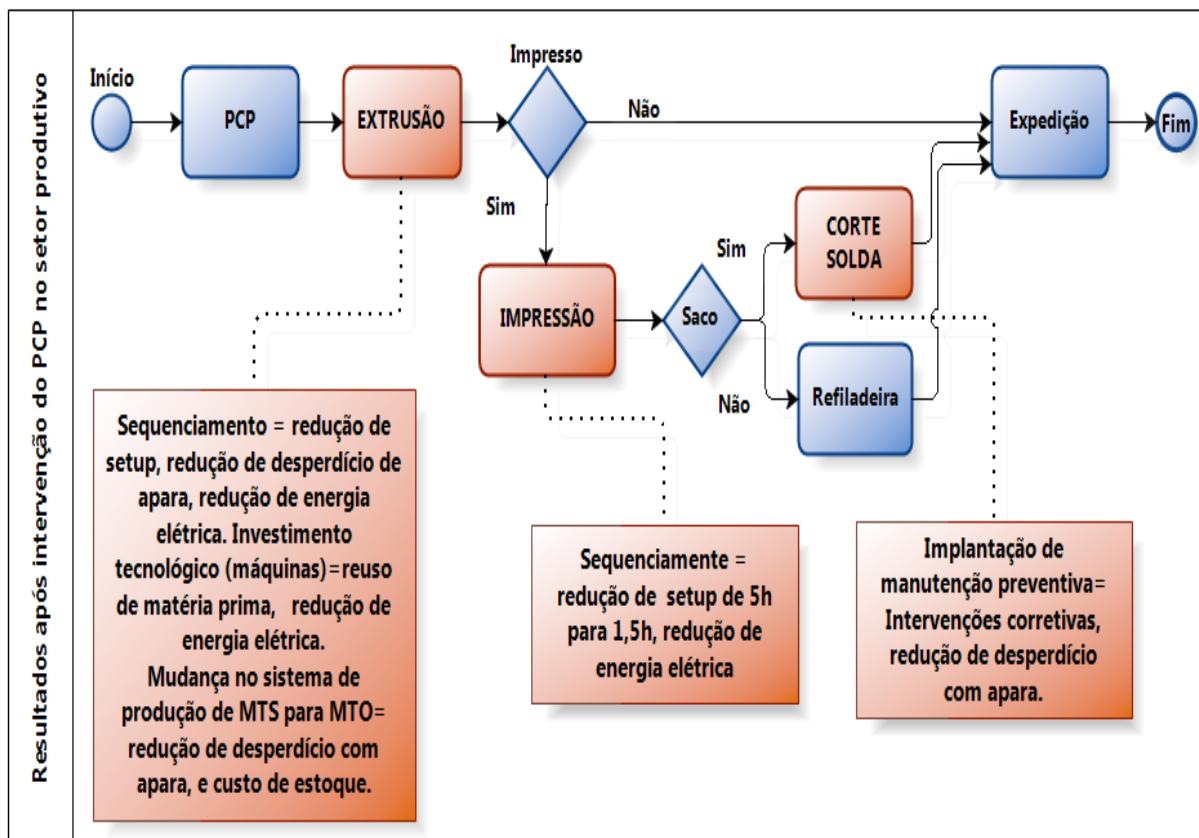


Figura 2 – Fluxograma do processo produtivo na empresa “A” com ações de PCP relacionadas a ecoeficiência

Etapa 3. Está relacionado com o setor de Impressão, que conta com 2 impressoras em flexografia, com velocidades média de 300m/min e 140m/min proporcionando em média 9 toneladas/dia. Nessa etapa do processo produtivo, há duas possibilidade de fluxo: a) filme solicitado em formato de bobina; b) filme solicitado em formato de saco.

Etapa 4. Refiladeira/corte com três máquinas que produz uma capacidade média de 7 toneladas/dia. Em caso da opção “a” da etapa 3, o material será refilado e cortado conforme largura solicitada pelo cliente, e posteriormente é encaminhado para a expedição. Caso a opção do cliente seja “b” o material segue para o setor de corte e solda para a realização dos fechamentos dos sacos, contagem e embalagem, que também é realizado neste setor, depois encaminhado para expedição.

Etapa 5. Esse setor conta com 6 máquinas de corte e solda produzindo 6,5 tons/dia. O setor é acionado quando o cliente necessita de embalagens com acabamento em formato de sacos, como por exemplo, embalagem de fraldas; saco de lixo; sacolas plásticas dentre outras.

Etapa 6. A expedição, recebe todos os produtos processados para embalar, unitizar, faturar, e posteriormente são encaminhadas aos clientes.

4.1.2 Atividades/ferramentas do PCP relacionado à ecoeficiência na empresa “A”

A empresa antes realizava a etapa 1 e 2 do processo produtivo, operando em ambiente *make-to-stock* (MTS), no entanto passou a operar em ambiente *maker-to-order* (MTO), ou seja, produzir apenas o solicitado, reduzindo o estoque de bobinas extrusadas, as quais ficavam muito tempo paradas, aguardando entrar pedidos que tivesse as mesmas dimensões de largura e espessura. Às vezes calhava de ser a mesma espessura, porém largura inferior e mesmo assim era aproveitada, gerando um desperdício maior do que o normal. Com essa atitude o sistema passou a evitar desperdícios e maiores custos com materiais parados em estoque.

No setor de Corte e solda o gerente industrial mencionou em entrevista que a produção estava muito aquém do esperado, produzindo apenas 4,5 toneladas conforme informações em entrevista. O que levou o PCP a implantar manutenção preventiva em todos os setores, porém em especial com maior rigorosidade no setor de corte e solda devido às máquinas serem mais antigas. Essa ação resultou em melhoria de produtividade e também redução de apara, o qual foi um resultado não esperado, porém que contribuiu bastante com o estudo. A implantação da manutenção corretiva que embora não seja uma ação exclusiva do PCP, porém em algumas empresas é aplicado pelo próprio setor de manutenção, enquanto em outras, é o PCP quem determina e planeja quando ocorrerão as manutenções preventivas. Nesse caso, a implantação da manutenção preventiva por parte do PCP resultou também em redução de aparas, devido ao desgaste excessivo com o maquinário. Foi relatado que chegou a acontecer 4 paradas por manutenção corretiva em uma mesma OF, e em cada parada o operador tem aproximadamente uma perda 10 a 15kg de apara. Dessa forma, quanto maior o número de paradas de máquinas, maior o número de aparas. Diante desse relato, pode-se considerar que

essa atividade interfere também no aumento ou redução de desperdícios de materiais.

O planejamento do setor de impressão antes da interferência do PCP em 2013 planejava o sequenciamento por data de entrega e depois foi alterado, realizando agrupamento de materiais, aproveitando características de materiais similares, como por exemplo: imprimir os filmes de impressão interna primeiro e depois os de impressão externa, pois essa inversão constante no sequenciamento demanda maior tempo de realização no setup. Com esse procedimento e treinamento dos operadores, o setup foi reduzido em média de 5h para 1,5h/pedido e juntamente com o tempo reduziu energia elétrica.

Outro setor que era planejado por datas de entrega e passaram a trabalhar por agrupamento e características similares de materiais foi o setor de extrusão. Por exemplo, o filme de PEBDL para ser extrusados precisa receber uma temperatura maior que o PEBD, ou seja, a troca desses materiais constantemente gera um desperdício de tempo e material. O PCP também adotou uma padronização para a extrusão dos filmes de acordo com a largura e espessura, trabalhando o sequenciamento das larguras maiores para as menores e das espessuras mais grossas para as mais finas. Com isso, proporcionou redução no tempo de setup, pois caso contrário, o operador de máquina teria que injetar ar no filme tubular em processo para aumentar a largura, obtendo uma demanda maior de tempo no processo de setup. Dessa forma, o PCP padronizou uma metodologia para a programação das impressoras e extrusoras de forma a reduzir tempo de setup, reduzindo desperdícios em tempo e aparas e consequentemente reduzindo o consumo de energia elétrica.

A implementação dessas ações no final de 2013 levou a empresa a ter resultados econômicos em seu sistema de produção. Porém a empresa tinha um gargalo que atrapalhava o atendimento dos pedidos nos prazos corretos. Dessa forma, em 2014 foi realizado um estudo mais aprofundado sobre capacidade produtiva das extrusoras, e concluíram que seria viável a troca de duas extrusoras antigas por duas novas, proporcionando um aumento de produtividade de 4 toneladas/dia, além de contar com reuso de refiles em processo e redução de energia elétrica. Assim as extrusoras passaram em média de 11 tons/dia para 15 tons/dia, aumentando sua produtividade em 36,36%. As máquinas trocadas eram muito antigas, uma de 15 anos de uso e a outra de 20 anos. O investimento nessas

duas máquinas adquiridas, 1 Rulli Standard 2013 e 1 Meeg Seetil 2013 ficaram no valor de R\$2.798.000,00. As duas máquinas velhas foram negociadas de forma que a empresa tivesse que pagar apenas a diferença dos valores. A Refenhuser R\$ 235.000,00 e a Rulli standard R\$ 383.000,00 obtendo uma diferença de R\$ 2.180.000,00 o qual foi deduzido no valor total da dívida. As máquinas novas com tecnologias de ponta recuperam refiles automaticamente em linha, por intermédio de um ciclo fechado, em que o refile percorre o caminho de volta para o funil da extrusora retornando ao processo de extrusão. As bobinas em média medem 900mm e são extrusadas com 930mm para refilar 15mm em cada lateral a fim de melhorar a performance nos demais processos produtivos, consequentemente há uma redução de 3% das aparas, o qual é reutilizado automaticamente em linha, deixando de ser desperdício como outrora. Foi também considerado o fato das máquinas novas serem modernas e projetadas para consumirem menor quantidade de energia elétrica.

4.1.3 Analise da avaliação econômica na empresa “A”.

Ao analisar antes e depois da interferência do PCP é possível perceber um aumento de produtividade de R\$ 2.901.426,90. Quanto a redução de apara, seu ganho anual foi da ordem de R\$ 90.714,06 e o consumo de energia elétrica devido a substituição de duas máquinas velhas por duas máquinas novas dentre outras benfeitorias, reduziram 611.364,2 Kwh/ano, proporcionando um ganho anual no valor de R\$292.084,18. Para efeito de cálculo de energia elétrica foi considerado o consumo anual de todas as máquinas antes de realizarem melhorias comparadas com depois de realizarem melhorias. Dessa forma houve um ganho econômico no valor de R\$ 2.518.628,66 no ano, o que representa em média R\$ 209.885,72 por mês.

Na tabela 2, foi calculado o investimento das duas máquinas compradas, 1 *Rulli Standard* e 1 *Meeg Seetil* no valor de R\$2.798.000,00. Como parte da dívida foram entregues as máquinas antigas, ficando com um saldo devedor de R\$ 2.180.000,00 para a empresa pesquisada.

Tabela 1- Avaliação econômica

Produção da extrusão	2013	2014	2013 ≠ 2014
Produção kg	4.077.688,00	4.578.798,00	501.110,00
Preço médio (MP) nos 2 anos /kg R\$	R\$ 5,79	R\$ 5,79	
Subtotal	R\$ 23.609.813,52	R\$ 26.511.240,42	R\$ 2.901.426,90
Apara de polietileno kg	149.059	116.545	- 32.514
Preço médio (MP) nos 2 anos /kg R\$	R\$ 2,79	R\$ 2,79	
Subtotal	R\$ 415.874,61	R\$ 325.160,55	-R\$ 90.714,06
Consumo Energia Elétrica kwh/ano	4.367.638,60	3.756.274,40	- 611.364,20
Valor anual energia elétrica R\$	R\$ 3.117.575,62	R\$ 2.825.491,44	-R\$ 292.084,18
Soma das diferenças 2013/2014			R\$ 2.518.628,66

Para instalar as máquinas novas a empresa teve um custo adicional de R\$ 25.300,00. Proporcionando um valor de investimento mais instalação de R\$ 2.205.300,00.

Tabela 2 - Retorno de investimento do ROI

Investimento em Equipamento	2.205.300,00
Prazo de depreciação (anos)	10
Depreciação Anual	220.530,00
Redução de Custo Anual Obtida	2.518.628,66
Depreciação Anual	- 220.530,00
Base para Cálculo do Imposto de Renda (IR)	2.298.098,66
IRPJ + CSLL (Contrib. Social sobre Lucro)	30,0%
Valor do IR + CSSL Anual	- 689.429,60
Redução de Custo Líquida Anual	1.608.669,06
Redução de Custo Líquida Anual	1.608.669,06
Depreciação Anual	220.530,00
Geração de Caixa Anual	1.829.199,06
Fluxo de Caixa	Ano 0 Ano 1 Ano 2 Ano 3 Ano 4 Ano 5
Investimento	-2.205.300
Geração de Caixa Anual	1.829.199 1.829.199 1.829.199 1.829.199 1.829.199
Fluxo de Caixa Total	-2.205.300 1.829.199 1.829.199 1.829.199 1.829.199 1.829.199
ROI ou TIR	78,3% ao ano
Payback Descontado a 15% ao ano	1,80 anos

Dessa forma pode-se conhecer o retorno de capital no período de 1ano, 9 meses e 18 dias conforme *payback*. A TIR será de 78,3% ao ano. Após esse tempo o valor passará a fazer parte do faturamento líquido anual.

4.1.4 Análise da avaliação ambiental na empresa “A”

Para realizar o cálculo da análise ambiental foi considerado quilograma como unidade de medida, e como insumos foram considerados energia elétrica e PEBDL. Salienta-se que o consumo de água não foi levado em consideração, pois a empresa possui poço artesiano, sendo assim, esse recurso não teve relevância, pois não onera a empresa e nem afeta o meio ambiente por ser água tratada e reutilizada no processo. Conforme tabela 3 foi realizado o cálculo de impacto ambiental (2013), utilizando o *Mass Intensity per Compartimento* (MIC), o qual foi multiplicado pelos valores de *Mass Intensity Factor* (MIF) utilizando-se a tabela *Wuppertal Instituto* (2014) para comparar o valor do impacto ambiental antes e depois das instalações das máquinas novas. Dessa forma a soma dos compartimentos: abiótico, biótico, água e ar, obtém-se o *Mass Intensity Total* (MIT).

Tabela 3 - Avaliação antes da interferência do PCP (2013).

Intensidade Ambiental - MIPs 2013							
Matéria prima	Consumo anual		Material Abiótico	Material biótico	Ar	Água	Impacto Ambiental ano (kg)
		MIF (kg/kg)	2,12	0	2,8	162,13	
PEBDL	149.059,00	Intensidade (kg) Atual	316.005,08	0	417.365,20	24.166.935,67	24.900.305,95
		MIF (kg/kg)	2,67	0	0,64	37,92	
Energia elétrica	4.367.638,60	Intensidade (kg) Atual	11.661.595,06	0	2.795.288,70	165.620.855,71	180.077.739,48
	Total		11.977.600,14		3.212.653,90	189.787.791,38	204.978.045,43

Tabela 4 - Avaliação depois da interferência do PCP (2014).

Intensidade Ambiental - MIPs 2014							
Matéria prima	Consumo anual		Material Abiótico	Material biótico	Ar	Água	Impacto Ambiental ano (kg)
		MIF (kg/kg)	2,12	0	2,8	162,13	
PEBDL	116.545,00	Intensidade (kg) Atual	247.075,40	0	326.326,00	18.895.440,85	19.468.842,25
		MIF (kg/kg)	2,67	0	0,64	37,92	
Energia elétrica	3.756.274,40	Intensidade (kg) Atual	10.029.252,65	0	2.404.015,62	142.437.925,25	154.871.193,51
	Total		10.276.328,05		2.730.341,62	161.333.366,10	174.340.035,76

Na tabela 4 foi realizado o cálculo do impacto ambiental depois das interferências do PCP. Com isso, pôde-se perceber que houve uma considerável redução no impacto ambiental, de 30.638 T/ano. Dessa forma além de ganhos econômicos obtidos pela empresa, houve também ganhos ambientais com as práticas e decisões do PCP no processo produtivo como sequenciamento de cargas na extrusão e na impressão, redução de setup, implantação de manutenção preventiva e integração do PCP com outras áreas para a realização do projeto em investimento tecnológico de duas novas máquinas.

4.1.5 Comparação entre ganho econômico e redução de impacto ambiental na empresa “A”

A empresa obteve um ganho econômico (GE) de R\$ 4.675.735,29 conforme tabela 1, comparando o ano de 2013 com o de 2014. O benefício ambiental obtido por meio do MIT foi da ordem de 30.638 toneladas de material que foram deixados de serem retirados dos ecossistemas (tabela 3 e 4). A economia total de material (MTE) foi de 643.878,20 kg, sendo 611.364,20kw/h de energia elétrica somado a 32.514kg de PEBDL. Dessa forma, para a realização dos cálculos foram aplicados os índice de ganho ambiental (IGA) e índice de ganho econômico (IGE) conforme as seguintes equações:

$$\text{Eq.1 IGE} = \text{MTE}/\text{GE} \quad \text{Eq.2 IGA} = \text{MIT}/\text{GE}$$

Possibilitando dessa forma a comparação do ganho ambiental e econômico. (OLIVEIRA NETO, 2014).

Tabela 5 – Comparação ambiental e econômica

Material economizado kg	GE	Impacto Ambiental anual kg	IGE	IGA
643.878,20	2.518.628,66	30.638.009,67	0,256	12,165
MET	GE	MIT		

Na tabela 5 é realizado uma comparação entre avaliação ambiental e econômica. Dessa forma, para o IGE, cada real (R\$) economizado corresponde a 0,256 kg de material e para o IGA, para cada real (R\$) economizado há um benefício de 12,165 kg de material.

Isso mostra que uma decisão do PCP com consciência não apenas econômica, mas também ambiental, por meio de suas atividades e ferramentas, pode subsidiar uma decisão relevante para tomadas de decisões nas empresas. E com isso proporcionar um caminho favorável para as indústrias no sentido de obterem melhorias na ecoeficiência industrial.

Em suma no estudo de caso da empresa “A” o PCP adotou algumas práticas que permitiu à empresa atingir resultados em relação a ganhos econômicos e /ou ambientais como: (i) operava em ambiente MTS passou a operar em MTO, reduzindo estoque de bobinas, reduzindo custo em estocagem e desperdícios com materiais; (ii) adotou manutenção preventiva em todos os setores em especial no corte e solda devido às máquinas serem mais antigas. Essa ação reduziu o número de paradas, reduziu desperdícios e melhorou a produtividade; (iii) na impressão as OFs eram sequenciadas por data de entrega, passaram a ser sequenciadas por agrupamento de materiais, aproveitando características e semelhanças. Com essa padronização de sequenciamento e treinamento do pessoal houve uma redução de tempo de setup em média de 5 h para 1,5h/pedido e redução de energia elétrica; (iv) ao planejar a eliminação de gargalo das extrusoras, substituindo duas máquinas velhas por novas com tecnologias modernas, proporcionou uma economia de 14% em energia elétrica. Foi possível também evitar desperdícios com os refiles, os quais passaram a ser reciclados automaticamente em linha, além de obter uma redução com energia elétrica. Os ganhos econômicos chegaram a uma ordem de R\$ 209.885,72/mês e uma redução de impacto ambiental total de 174.340 toneladas/ano, sendo 10.276,3 toneladas de material abiótico, 2.730,3 toneladas de ar e 161.333,3 toneladas de água que foram deixados de serem retirados dos ecossistemas.

Contudo, diante de várias práticas do PCP que culminaram em ganhos econômicos e ambientais o PCP pôde na empresa “A” promover melhorias na ecoeficiência.

4.2 ESTUDO DE CASO DA EMPRESA “B”

O estudo de caso da empresa “B” foi realizado em uma empresa fabricante de embalagens plásticas com aproximadamente 310 colaboradores. O faturamento médio anual é de aproximadamente R\$85.300.000,00. Em relação ao porte da empresa pesquisada, o BNDES (2011) classifica o tamanho das empresas conforme sua receita operacional bruta: empresas com receita operacional bruta anual entre R\$16.000.000,00 e R\$ 90.000.000,00 é considerada de médio porte. Dessa forma a empresa pesquisada se enquadra como de médio porte.

4.2.1 Fluxo do processo produtivo da empresa “B”

O PCP por meio de suas atividades verifica a quantidade de embalagens a produzir e se tem matéria-prima em estoque, ou seja, granulado de polipropileno (PP). Caso não tenha matéria-prima é feito uma requisição ao departamento de compras. O profissional de PCP realiza um *follow-up* juntamente ao comprador, duas vezes por semana, a fim de obter informações dos pedidos programados e para manter melhor controle na sua programação. Quando chega a matéria-prima, ou seja, granulado de polipropileno (PP) embalado em sacos de 25 kg, o material é conferido e encaminhado para o estoque.

A empresa produz embalagens de plásticos em formato de potes e baldes, a qual conta com duas linhas de produção: na linha de injeção são produzidos baldes de diversos tamanhos sendo os principais tamanhos de: 1L; 3,6L; 6L;16L;17L;18L e 20L e na linha de termoformagem produzem potes de diversos tamanhos :100ml, 250ml, 500ml, 750ml e 1000ml. Essas embalagens são produzidas com polipropileno e *Masterbatch* para pigmentar as embalagens na cor desejada do cliente. No entanto, o PP é utilizado nas duas linhas, tanto na termoformagem como na injeção. A empresa trabalha com os sistemas MTS e MTO.

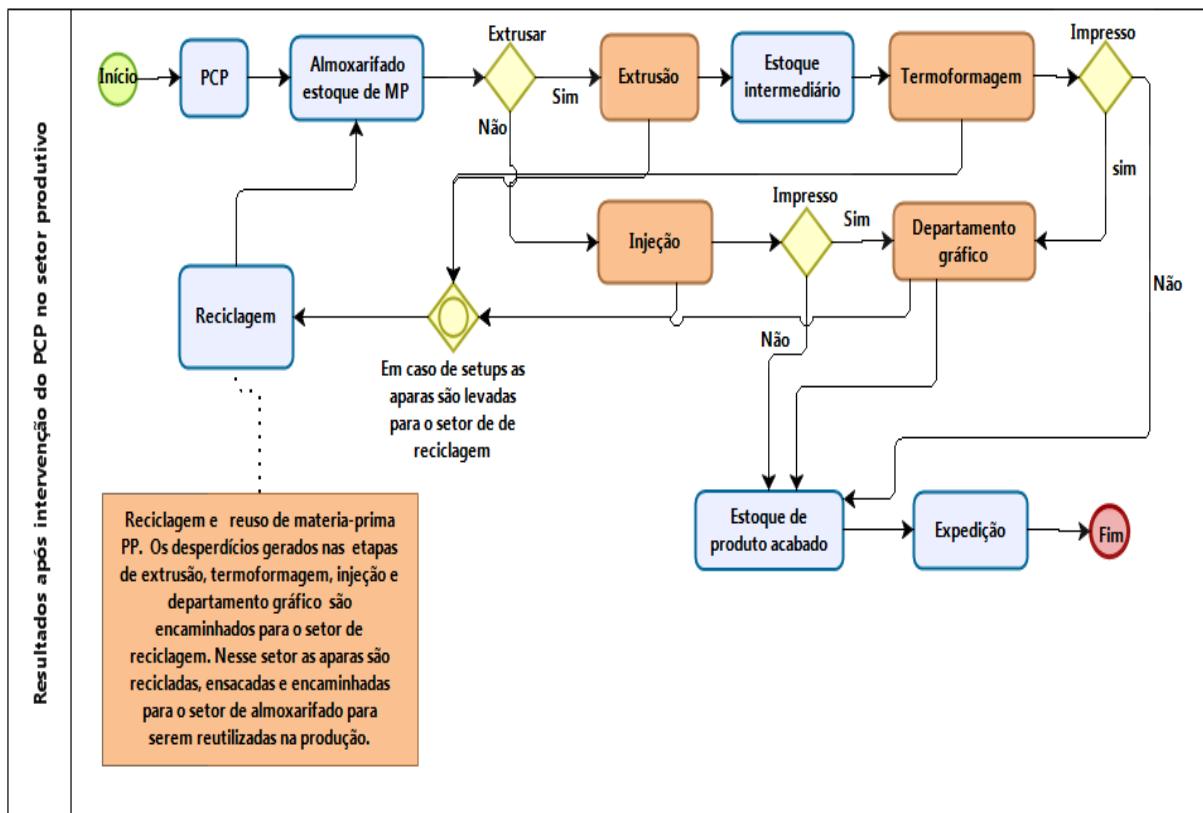


Figura 3 Fluxograma do processo produtivo na empresa “B” com ações de PCP com ecoeficiência

Na linha 1 – de termoformagem o processo produtivo passa pelas seguintes etapas:

Etapa 1 – é realizada a extrusão do PP, o material recebe um aquecimento de alta temperatura para derreter o granulado, o qual passa por uma matriz plana, seguindo por uma calandra de cilindros que permite o resfriamento do filme, transformando em uma bobina linear e uniforme. Após o procedimento as bobinas seguem para o estoque intermediário. A empresa possui duas extrusoras que têm capacidades de produzir em média 25 toneladas por dia.

Etapa 2 – as embalagens de termoformagens são produzidas a partir do PP que recebe aquecimento de uma placa termoplástica plana para que o material amoleça sobre um molde macho ou fêmea, e dessa forma, adquira o formato do molde. A empresa conta com 5 máquinas que produz em média 22 toneladas de filmes por dia. Caso o material seja impresso, é encaminhado para a próxima etapa, que é o departamento gráfico. Caso os potes tiverem sido solicitados sem impressão, eles são acondicionados em caixas, unitizados em pallets e então encaminhados para a expedição.

Etapa 3 - Caso o pedido tenha sido solicitado com impressão, ele é encaminhado para essa etapa a fim de receber impressão, como por exemplo: os potes de margarina. A empresa possui 5 impressoras nessa linha de termoformagem, após os potes receberem impressão, são acondicionados em caixas, unitizados em *pallets* e encaminhado para expedição.

Etapa 4 - Nessa etapa é realizada a separação e consolidação de cada mercadoria de acordo com o pedido de cada cliente. É também realizado toda documentação, faturamento e encaminhamento do produto para seus respectivos clientes.

Na linha 2 - de injeção plástica o processo produtivo passa pelas seguintes etapas:

Etapa 1 - O PP é aquecido até que atinja seu estado líquido e então é empurrado para dentro do molde, o qual determina o formato e tamanho do balde acabado. Se o produto for impresso será direcionado para a próxima etapa do processo produtivo que é o departamento gráfico, ou seja, local onde o material receberá impressão offset. Caso o cliente não tenha solicitado impressão nos baldes, estes produtos serão encaminhados para a expedição, ou então para o estoque, se for produção para estoque.

Etapa 2 – essa etapa é solicitada para clientes que deseja personalizar seus produtos em impressão offset para a embalagem de seus produtos, como por exemplo: baldes industriais de tintas, produtos químicos e *food service*. A empresa possui 2 impressoras para a linha de produtos injetados. Após impressão, os baldes são acondicionados em caixas, unitizados em *pallets* e encaminhados para a expedição.

Etapa 3- nessa etapa o setor de expedição separa, consolida mercadoria, providencia todos os documentos necessários, fatura e encaminha para seus respectivos clientes.

4.2.2 Avaliação econômica da empresa “B”

A empresa “B” vendia apara de PP para uma empresa terceira a um valor de R\$ 2,85/kg. O gerente de PCP juntamente com a engenharia de processo e engenharia de produto, realizou um projeto a fim de recuperar e reaproveitar as

aparas geradas no processo produtivo, uma vez que o setor de termoformagem gera alta quantidade de apara devido a seu processo natural, conforme figura 3.



Figura 4 – Apara de termoformagem
Fonte: Foto da empresa “B”

O projeto foi apresentado ao presidente da empresa e o mesmo foi aprovado e implantado. Na tabela 6 demonstra a quantidade de aparas levantadas no período de um ano, o qual foi analisado a situação antes da implantação do setor de recuperação de apara. A empresa vendia suas aparas de PP a um preço de R\$2,85/kg para uma empresa terceira. Na tabela 7 é apresentada a situação depois da implantação do setor de recuperação, em que 100% das aparas passaram a ser recicladas e retornadas ao processo produtivo evitando que a empresa necessite comprar 593.780kg de matéria-prima virgem por ano a um valor de R\$7,64/kg. No entanto esse valor corresponde a R\$ 4.536.479,52 subtraindo o valor anual de R\$ 1.692.273,12 obtido pelas vendas do PP para a empresa terceira. Dessa forma a empresa “B” obteve um ganho de R\$ 2.844.206,40/ano pelo fato de ter implantado um setor de recuperação e reutilizado as aparas no processo produtivo.

Tabela 6 Avaliação econômica antes da criação do setor de recuperação

Setores	média de apara			
	em(PP) mensal (kg)	preço PP/kg	Média R\$ mensal	
Apara da Extrusão	11038,22	2,85	R\$	31.458,93
Apara da termoformagem	13702,62	2,85	R\$	39.052,47
Apara da Impressão Termoformagem	17128,27	2,85	R\$	48.815,57
Apara da injeção	7612,56	2,85	R\$	21.695,80
Valor total	49481,67	2,85	R\$	141.022,76

Tabela 7 Avaliação econômica depois da criação do setor de recuperação

Setores	média de apara			
	em(PP) mensal (kg)	preço PP/kg	Média R\$ mensal	
Apara da Extrusão	11038,22	7,64	R\$	84.332,00
Apara da termoformagem	13702,62	7,64	R\$	104.688,02
Apara da Impressão Termoformagem	17128,27	7,64	R\$	130.859,98
Apara da injeção	7612,56	7,64	R\$	58.159,96
Valor total	49481,67	7,64	R\$	378.039,96

Para a implantação do setor de recuperação de aparas foram necessários investimentos com maquinários, além de custos com mão de obra e consumo de energia elétrica. A empresa adquiriu 2 aglutinadores de 100cv no valor de R\$ 43.700,00 cada aglutinador, produzindo em média 300kg/h. Foi também necessário a compra de uma extrusora recuperadora de PP/PA/PS/PE 120mm, no valor de R\$ 287.500,00 cada, que produz em média 450kg/h.



Figura 5- máquina recuperadora de apara

Fonte: foto da empresa “B” pesquisada

Foi necessário alocar nesse setor 3 pessoas por turno, trabalhando com 3 turnos de 8 horas. O valor gasto com mão de obra foi de R\$21.830,00/mês com 9 funcionários destinados a este setor. O consumo de energia elétrica do aglutinador e da recuperadora em média foi de R\$ 6.756,00. Os gastos com alvenaria e instalações de energia elétrica e água foram de R\$ 40.680,00 o consumo de água não foi levado em consideração, pois a empresa possui poço artesiano, no entanto a empresa não obteve custos mensais com água. Dessa forma foi possível realizar o cálculo de retorno do capital.

Tabela 8 cálculo do ROI

		Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Investimento em Equipamento	444.166						
Prazo de depreciação (anos)	10						
Depreciação Anual	44.417						
Redução de Custo Anual Obtida	2.844.206						
Depreciação Anual	-44.417						
Base para Cálculo do Imposto de Renda (IR)	2.799.790						
IRPJ + CSLL (Contrib. Social sobre Lucro)	30,0%						
Valor do IR + CSSL Anual	-839.937						
Redução de Custo Líquida Anual	1.959.853						
Redução de Custo Líquida Anual	1.959.853						
Depreciação Anual	44.417						
Geração de Caixa Anual	2.004.269						
Fluxo de Caixa							
Investimento	-444.166						
Geração de Caixa Anual	2.004.269	2.004.269	2.004.269	2.004.269	2.004.269		
Fluxo de Caixa Total	-444.166	2.004.269	2.004.269	2.004.269	2.004.269	2.004.269	
ROI ou TIR	451,2% ao ano						
Payback Descontado a 15% ao ano	0,33 anos						

O retorno do investimento aconteceu em aproximadamente 4 meses. Após esse período a empresa passará a obter um ganho de R\$ 2.844.206,00/ano, em caso de haver a mesma performance produtiva analisada durante o ano.

4.2.3 Avaliação ambiental da empresa “B”

Os descartes de polipropileno de maneira incorreta causam enormes danos ao meio ambiente, pois ao invés de serem encaminhadas para a reciclagem, vão

para aterros e lixões. São ingeridos por animais, causam morte, poluem o meio ambiente, causam problemas de redes elétricas (sacolas em fios de alta tensão) dentre outros impactos ambientais menos visíveis ao consumidor final, pois dependendo do plástico, pode demorar até 400 anos para se decompor na natureza (MMA, 2005). Dessa forma, a recuperação e reutilização das aparas de PP foi a melhor alternativa, uma vez que a empresa consegue reduzir o impacto ambiental, minimizando a extração de recursos naturais com a aplicação de uma gestão eficiente e favorável ao meio ambiente.

Tabela 9 avaliação ambiental

Intensidade Ambiental - MIPs depois de implantar o setor de recuperação						
Matéria prima	Consumo anual	Materiais Abiótico	Materiais biótico	Ar	Água	Impacto Ambiental anual (kg)
Polipropileno	593.780,0	MIF (kg/kg) Intensidade (kg) Atual	4,24 2517627,20	0 0,00	205,48 122009914,40	3,37 2.001.038,60
Total						
2.517.627,20						
122.009.914,40						
2.001.038,60						
126.528.580,20						

Na tabela 9 mostra o cálculo do impacto ambiental que foi realizado considerando a recuperação e reuso das aparas de (PP) em 100% no processo produtivo. Dessa forma percebe-se que houve uma redução do impacto ambiental, pois a empresa deixou de retirar 126.528 toneladas de materiais por ano dos ecossistemas, sendo 2.517,6 toneladas/ano de material abiótico, 122.009,9 toneladas/ano de ar e 2.001 toneladas/ano de água.

4.2.4 Comparação entre avaliação econômica e avaliação ambiental

A empresa analisada neste estudo obteve um ganho econômico (GE) de R\$ 2.844.206 por ano. Correspondendo a um valor mensal de R\$ 237.017,17. De acordo com a tabela 9, foi alcançado um ganho ambiental de 126.528,6 toneladas/ano de materiais que foi evitado de ser extraído dos ecossistemas, o qual foi analisado por meio da ferramenta *MIF*, apresentando uma economia total de material de 593.780kg. Para a execução do cálculo foram utilizados os índices de

ganho ambiental (IGA) e índice de ganho econômico (IGE), o que permitiu comparar os ganhos ambientais com os ganhos econômicos (OLIVEIRA NETO, 2014).

Tabela 10 comparação entre avaliação econômica e ambiental

Material economizado kg	GE	Impacto Ambiental anual kg	IGE	IGA
593780,00	R\$ 2.844.206,00	126.528.580	0,209	44,486
MET	GE	MIT		

De acordo com o cálculo realizado e demonstrado na tabela 10, para o IGE, cada R\$ “real” equivale-se a 0,209kg de matéria-prima economizada. No IGA para cada R\$ “real” economizado houve um benefício de 44,5kg de matéria-prima que foi deixado de ser extraído dos ecossistemas.

Em resumo, o profissional de PCP juntamente com engenheiros técnicos de polímeros, na empresa “B”, realizou um projeto de recuperação de aparas, o qual foi aprovado pelo presidente e colocado em prática a compra de três equipamentos para recuperar e reutilizar as aparas no processo produtivo. A chapa de termoformagem é recortada de acordo com o molde no “formato da grelha”, como mostra a figura 3, o qual não se torna possível aproveitar todo o espaço do material extrusado. Dessa forma, o processo de produção de termoformagem independente do molde utilizado gera uma grande quantidade de sobras, em média de 35 a 40% da produção, no entanto essas sobras passaram a ser recuperadas e misturadas na matéria-prima virgem, retornando ao processo de extrusão. As aparas retornam ao processo produtivo sob uma formulação de 40% de recuperado sendo o restante, 60% de matéria prima virgem; em alguns casos sob uma menor proporção, 25%.

Dessa forma, por meio de interferências do PCP após a implantação de equipamento de reciclagem, pode-se perceber que houve ganhos significativos tanto econômicos como ambientais para a organização. O ganho econômico em análise foi da ordem de R\$ 634.602,00 mensalmente, e a redução de impacto ambiental mensalmente foi de 26.360 toneladas, o qual representa redução do impacto

ambiental equivalente a 316.320 toneladas anuais que foi deixado de ser retirado dos ecossistemas. Dessa forma, é possível dizer que a empresa “B” obteve melhorias na ecoeficiência por meio das práticas de PCP que engloba reciclagem e reuso de aparas.

4.3 ESTUDO DE CASO NA EMPRESA “C”

O presente estudo foi realizado em uma empresa fabricante de embalagens plásticas, de porte médio, situado na região metropolitana de São Paulo. A empresa possui em torno de 360 colaboradores. Há dois principais critérios para classificar o tamanho de uma empresa de acordo com seu porte. O primeiro é realizado com base na receita operacional bruta anual, e o segundo considera a quantidade de funcionários formais. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), de 100 a 499 funcionários, a empresa pode ser classificada como de médio porte. Com isso a presente empresa em estudo é considerada como de médio porte.

4.3.1 Mapeamento do processo produtivo da empresa “C”

O Fluxograma da figura 5 retrata o processo produtivo da empresa “C”, incluindo o processo de reciclagem de aparas realizado por uma empresa terceira.

Etapa 1 - A primeira etapa inicia-se com o recebimento da matéria-prima que chegam em sacos de 25 kg de granulados de polietileno de baixa densidade linear (PEBDL). O funcionário confere e recebe o material que são recebidos e unitizados em pallets contendo 1000 kg cada. Depois de realizar a conferência da nota fiscal com quantidades, volumes e pesos recebidos, um funcionário lança no sistema o material recebido e o encaminha para seu devido endereço de estocagem.

Etapa 2 – o processo produtivo se inicia com a extrusão do filme tubular produzido verticalmente por meio de uma matriz o qual tem o formato de um anel, onde é lançado um jato de ar formando o balão. Os Rolletes situados a certa altura juntamente com rolos se incumbem de achatar o material e posteriormente embobinar. As dimensões de largura e espessura do material são controladas pelo operador de máquina, as quais devem ser certificadas constantemente durante todo o processo produtivo. A extrusão trabalha com 4 máquinas 2 semiautomáticas e 2 automáticas e pode atingir uma capacidade média de 900 toneladas/mês.

Etapa 3 – nessa etapa o material receberá tintas, porém em um processo de flexografia. Segundo Pipes (2005) Bibby, Baron e Sons em 1890 apresentaram pela primeira vez um jeito de imprimir embalagens não permeáveis. Esse sistema trabalha com clichês plásticos e tintas fluidas de secagem rápida. A tinta é transferida diretamente do clichê para o filme de polietileno. A área de impressão é feita por meio de relevos, quando a superfície recebe tinta, a área ao redor sendo mais baixa, não recebe tinta, portanto a tinta é transferida para o filme somente nas partes de alto relevo. Após receber tintas, as bobinas são encaminhadas para as refiladeiras, ou caso sejam solicitadas pelo cliente em forma de sacos, as bobinas seguirão para o setor de corte e solda. O setor opera com 4 máquinas de flexografia que processam em média 800 toneladas/mês.

Etapa 4 - nessa etapa o produto é direcionado conforme solicitado pelos clientes, em formato de bobina para serem embaladas e envasadas nas suas empresas. Essa etapa permite que os materiais sejam refilados e cortados nas larguras que os clientes solicitaram. A empresa possui 5 refiladeiras/bobinadeiras das quais tem capacidade de rodar a 200m/min cada máquina.

Etapa 5 – Essa etapa de corte e solda recebem materiais com impressão ou sem impressão conforme necessidade dos clientes, porém em formato de sacos. Esses sacos são encaminhados para um setor de embalagens. Normalmente os sacos são embalados em pacotes de 1000 unidades para facilitar a contagem uma vez que o material é vendido por milheiro. A empresa tem 6 máquinas de corte e solda.

Etapa 6 - Nessa etapa de embalagens é realizada uma conferência, uma vez identificados e separados os materiais, são unitizados em pallets, e após o acondicionamento é encaminhado para o estoque de produtos acabados.

Etapa 7 - O material encaminhado para o estoque de produto acabado fica aguardando a data de entrega solicitada pelo cliente, dessa forma quando o produto está na data correta de entrega, o produto é encaminhado diretamente para a expedição.

Etapa 8 – A expedição é responsável em consolidar a mercadoria, embalar, unitizar os produtos em pallets, pesagem, preparo de romaneio, documentos de remessa e chamar as devidas transportadoras para realizarem as entregas das cargas conforme negociado com cada cliente.

Etapa 9- Nessa etapa de beneficiamento do PP, todas as aparas que saem da extrusão, impressão, refiladeira e corte solda são separadas e encaminhadas para serem recuperadas em uma empresa terceira. Após o término da recuperação dessas aparas, o material retorna novamente para a empresa “C”, o qual será reutilizado nos processos produtivos.

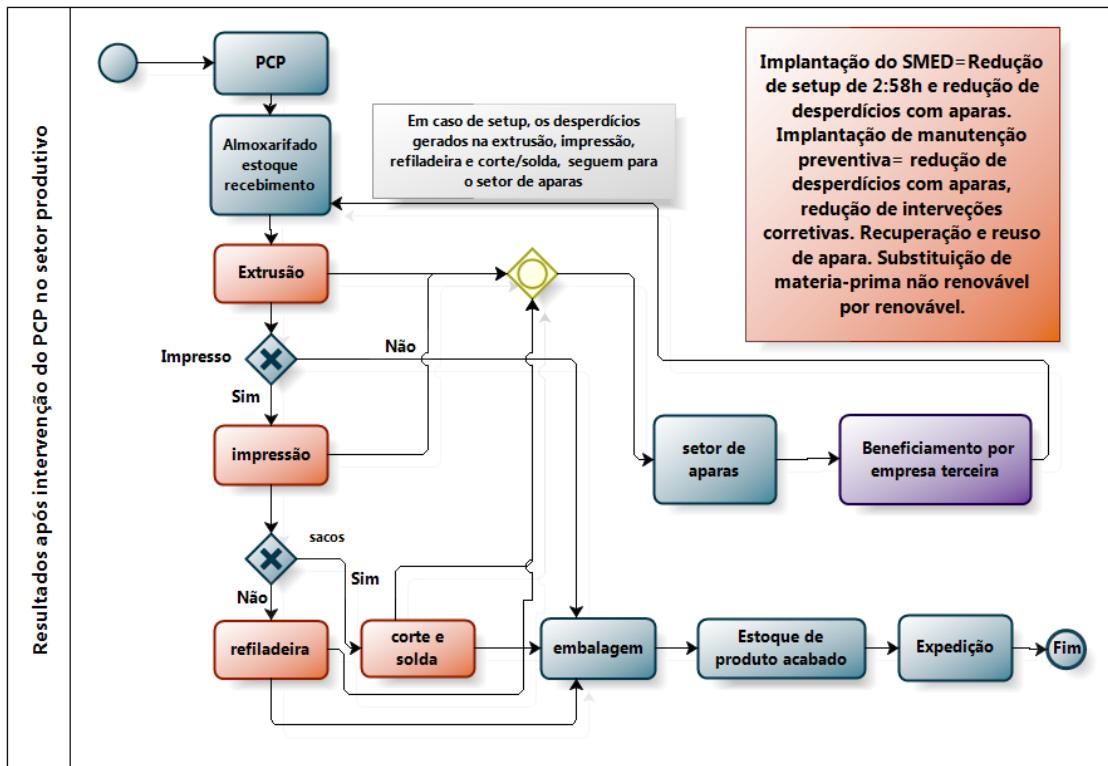


Figura 6 – Fluxograma do processo produtivo na empresa “C” com ações de PCP relacionado à ecoeficiência

Antes, todas as aparas geradas na empresa “C” eram vendidas, porém a partir de 2015 a empresa passou a reaproveitar 100% desse material que outrora eram vendidos.

4.3.2 Ações de interferência do PCP para melhoria econômica e ambiental na empresa “C”

Em 2015 a empresa passou por uma reestruturação em seu corpo de gestores, pois a empresa enfrentava problemas com desbalanceamento na linha de produção, atraso nas entregas dos pedidos, setups longos nas impressoras de flexografia, grande desperdício de aparas além de baixa eficiência na produção. O PCP foi um dos setores que recebeu rigorosas mudanças pela substituição dos

funcionários. O novo gestor de PCP ao iniciar suas atividades na empresa percebeu uma longa demora nos setups das impressoras, o qual causava um gargalo na linha de produção. As máquinas não tinham planejamento de manutenção preventiva, o que aumentava consideravelmente o número de paradas, acarretando atrasos nas entregas.

Foi apresentado um projeto de melhoria econômica e ambiental proposta pelo profissional do PCP à diretoria. O projeto contemplava as seguintes ações: i) Realizar implantação da ferramenta SMED nas impressoras de flexografia, pois havia a necessidade de reduzir o tempo de setup, pois em algumas OFs mais complexas, o tempo de setup demorava em média 4:46 horas; ii) reutilização das aparas nos processos produtivos. Todas as aparas geradas eram vendidas para uma empresa terceira. O plano seria que a mesma empresa realizasse o beneficiamento, recuperando a apara a fim de serem reutilizadas no processo ao invés de serem vendidas; iii) utilizar matéria-prima renovável, PE verde derivado da cana-de-açúcar para substituir o PEBDL, derivada do petróleo; iv) implantação da manutenção preventiva planejada pelo PCP. As máquinas não tinham um plano de manutenção, portanto era realizada manutenção corretiva quando acontecia algum problema. Com isso acarretava grandes transtornos pois as quebras de máquinas geravam maiores desperdícios de tempo e também de aparas. Todas as mudanças propostas foram aprovadas.

Na implantação do SMED foi utilizada a metodologia de Shiingo (2008) adaptada por Fogliatto e Fagundes (2003) passando por 4 estágios conforme literatura: Após a primeira etapa de decisão realizada a um nível estratégico, com apoio dos diretores e demais gestores, realizou-se o modo preparatório, por meio de palestras e treinamento com os operadores de máquina a fim de evitar a resistência pelo novo. No estágio inicial foram estudadas as condições atuais de chão de fábrica por meio da cronometragem. No estágio 1 foram classificados os setups internos e externos, sendo os setups internos realizado com máquina parada e os setups externos com a máquina em movimento.

Tabela 11 – Antes e depois da implantação do SMED

Cronômetro das atividades antes e depois da implantação da ferramenta SMED			
Sequencia/atividades durante o setup		Tempo em (min.)	Tempo em (min.)
		antes do SMED	depois do SMED
1	Tirar bobina da máquina	5	0
2	Levar a bobina para estoque	3	0
3	Procurar bobina de acerto	10	0
4	Transportar a bobina de acerto do estoque para a máquina	8	0
5	montar bobina de acerto na máquina	8	0
6	Procurar as bobinas da Ordem de Fabricação (OF)	5	0
7	Transportar as bobinas da OF do estoque até a máquina	8	0
8	limpeza de tambor	30	10
9	Troca de anilox	60	21
10	Bater rolo	25	11
11	trocar facas	18	8
12	Trocá camisas	25	13
13	Ajustar pressão	20	9
14	Viscosidade	15	8
15	Ajustar padrão de cor	40	25
16	Colocar tubete de pvc para iniciar produção	7	3
Total		287	108

Conforme metodologia proposta por Shingo (2008) no estágio 2 foram verificadas as possibilidades de mudar os setups internos para externos e no estágio 3, os possíveis erros no setup externos foram analisados. Para realizar o SMED foram considerados as OFs de 6 cores que tem maiores demandas, e também possuem setups mais longos devido às quantidades de cores. Após a aplicação foi possível constatar redução em média de 3 horas com uma redução de 62,37%. Esse procedimento também foi repetido para as demais máquinas a fim de aproximar os valores de redução com os resultados da primeira máquina conforme tabela 11, após implantação do SMED.

A manutenção preventiva após a aplicação do SMED proporcionou redução de tempo e surpreendentemente redução de aparas o que não é comum, pois a ferramenta é utilizada geralmente para a redução de tempo e ociosidade. Portanto partindo desse pressuposto, quando o tempo é reduzido aumenta-se a produtividade e consequentemente deveria aumentar a apara. Esse fato pode ser explicado com a inexperiência dos operadores, o que fazia a apara ser elevada a um percentual de 30,89%, considerado acima do normal para o ramo plástico de filmes flexíveis. Esse percentual foi corrigido com o treinamento e padronização das atividades chegando a um percentual aceitável entre 10 a 15%.

4.3.3 Avaliação econômica na empresa “C”

A empresa “C” antes da implantação do SMED levava em média 4h 46min para realizar setups, portanto após a aplicação do SMED o setup foi reduzido em média para 1h 48min, ocorrendo redução de 2h 58min. A comparação de resultados foram obtidos por um período de 6 meses antes da implantação, por meio de relatórios de produção e também 6 meses após a implantação da TRF. O desperdício gerado conforme tabela 12 e 13 evidencia que a empresa gerou no primeiro semestre de 2015 em média 30,89% de apara em relação à produção, o qual após a implantação do SMED foi reduzido para 13,43%. Esse resultado obtido com o SMED representa uma economia de aproximadamente 42.547 kg de PEBDL mensalmente.

Tabela 12 – Valores da produção e aparas antes da interferência do PCP

Período	Produção	Desperdício kg Apara	preço PEADL R\$ 2,20	-	Valor recuperado	% Desperdício com Setup
Janeiro	377.676	122.585	R\$ 269.687,00	R\$ -	R\$ 269.687,00	32,46
Fevereiro	379.076	108.960	R\$ 239.712,00	R\$ -	R\$ 239.712,00	28,74
Março	397.837	118.665	R\$ 261.063,00	R\$ -	R\$ 261.063,00	29,83
Abril	415.134	136.946	R\$ 301.281,20	R\$ -	R\$ 301.281,20	32,99
Maio	379.782	121.367	R\$ 267.007,40	R\$ -	R\$ 267.007,40	31,96
Junho	381.239	111.530	R\$ 245.366,00	R\$ -	R\$ 245.366,00	29,25
Total	2.330.744	720.053	R\$ 1.584.116,60	R\$ -	R\$ 1.584.116,60	30,89

Tabela 13 – Valores da produção e aparas depois da interferência do PCP

Período	Produção	Desperdício kg Apara	preço PEADL R\$ 6,48	Beneficiamento MO R\$ 0,90/kg	Valor recuperado	% Desperdício com Setup
Julho	434.689	64.205	R\$ 416.048,40	R\$ 57.784,50	R\$ 358.263,90	14,77
Agosto	549.042	74.935	R\$ 485.578,80	R\$ 67.441,50	R\$ 418.137,30	13,65
Setembro	513.919	74.320	R\$ 481.593,60	R\$ 66.888,00	R\$ 414.705,60	14,46
Outubro	595.583	76.230	R\$ 493.970,40	R\$ 68.607,00	R\$ 425.363,40	12,80
Novembro	752.880	97.810	R\$ 633.808,80	R\$ 88.029,00	R\$ 545.779,80	12,99
Dezembro	615.661	77.273	R\$ 500.729,04	R\$ 69.545,70	R\$ 431.183,34	12,55
Total	3.461.774	464.773	R\$ 3.011.729,04	R\$ 418.295,70	R\$ 2.593.433,34	13,43

Com a implantação do SMED houve também aumento da capacidade de produção, saindo do primeiro semestre de 2.330,7 toneladas para 3.461,7 toneladas conforme tabela 12 e 13, o que corresponde em média 188.505 kg/mês com aumento médio de 48,53% em sua capacidade produtiva.

A empresa “C” vendia suas aparas para uma empresa terceira, embora não foram obtidas informações sobre qual finalidade a empresa comprava essas aparas, possivelmente ela reciclava e revendia, porém não se pode afirmar com

propriedade. O período em análise de 6 meses antes da implantação do SMED a empresa vendia as aparas por R\$2,20 o que proporcionou um ganho de R\$1.584.433,34 no primeiro semestre. No entanto, a partir do segundo semestre de 2015 foi fechado um contrato com a empresa terceira para fazer o beneficiamento das aparas a fim de aproveitar o material reciclado no processo produtivo. Embora o material reciclado perca bastante propriedade, porém é possível que esse material seja diluído em uma porcentagem de 5% ao material virgem, para o reaproveitamento, consumindo uma média de 25.000,00 kg/mês em produtos que exigem melhores qualidades. E uma média de 35.000,00kg/mês na produção de lonas pretas e sacos de lixos, o qual permite uma adição de 25% de reciclado por ser um produto que não tem muita exigência quanto à sua qualidade. Normalmente as lonas são produtos usados em pequenas obras civis ou na agricultura. Considerando que o material virgem custa R\$6,48, o valor recuperado deduzindo o valor cobrado pelos custos da empresa terceira, representou uma quantia de R\$ 2.593.433,34 comparado ao valor do primeiro semestre obtendo um ganho econômico de R\$1.009.316,74 em seis meses ou R\$168.219,46/mês pela interferência do PCP no processo produtivo. Dessa forma, foi considerando um aumento de 48,53% em sua capacidade produtiva, pelo fato de ter reduzido o tempo de setup das impressoras.

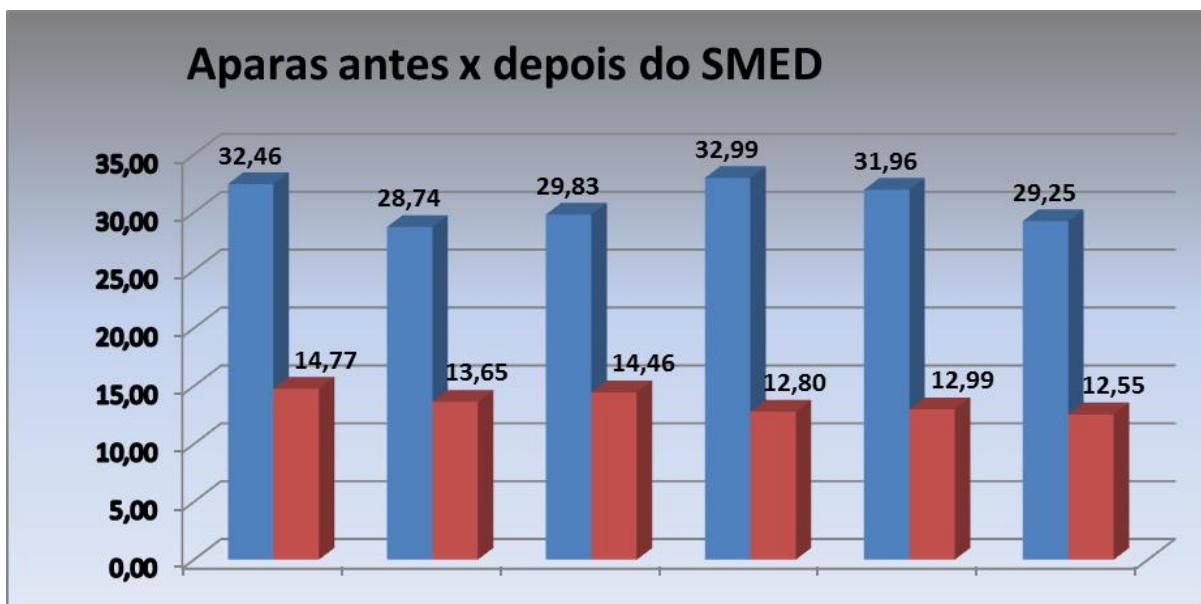


Gráfico 6. Comparaçāo das aparas antes e depois da implantação do SMED.

Após a aplicação do SMED, e implantação da manutenção preventiva, as aparas reduziram em média de 30,89% para 13,43% totalizando um percentual de 56,5%. Considerando que anteriormente as aparas estavam com um percentual muito acima do normal comparado às empresas do mesmo ramo, permite entender que a forma de trabalho realizada pelos operadores não era eficiente. Dessa forma essas duas atividades proporcionaram para a empresa um ganho considerável, tanto economicamente, como redução de impacto ambiental.

4.3.4 Avaliação ambiental na empresa “C”

Foi realizada avaliação do impacto ambiental utilizando os valores de MIF por unidade de recursos empregados na tabela *Wuppertal institute* (2014). Na tabela 14 foi realizado o cálculo do impacto ambiental de 6 meses antes da aplicação do SMED, o qual resultou em 120.284,8 toneladas em um período de 6 meses.

Tabela 14- Análise ambiental antes da interferência do PCP

Intensidade Ambiental - MIPs antes do SMED							
Matéria prima	Consumo anual	Material Abiótico	Material biótico	Ar	Água	Impacto Ambiental semestre (kg)	
PEADL	720.053,0	MIF (kg/kg)	2,12	0	2,8	162,13	
		Intensidade (kg) Atual	1526512,36	0,00	2016148,40	116.742.192,89	120.284.853,65
	Total		1.526.512,36		2.016.148,40	116.742.192,89	120.284.853,65

Tabela 15 – Análise ambiental depois da interferência do PCP

Intensidade Ambiental - MIPs depois do SMED							
Matéria prima	Consumo anual	Material Abiótico	Material biótico	Ar	Água	Impacto Ambiental semestre (kg)	
PEADL	464.773,0	MIF (kg/kg)	2,12	0	2,8	162,13	
		Intensidade (kg) Atual	985318,76	0,00	1301364,40	75.353.646,49	77.640.329,65
	Total		985.318,76		1.301.364,40	75.353.646,49	77.640.329,65

Após a implantação do SMED, a análise do impacto ambiental foi repetida conforme tabela 15 e pode-se verificar que houve uma redução do impacto ambiental de 120.284,85 tons/semestral para 77.640,33 tons/semestral. Evitando ser extraídas do ecossistema 42.644,52 toneladas em um período de seis meses ou uma média de 7.107,42 ton./mês.

4.3.5 Comparações entre o ganho econômico e ambiental

Foi constatado um ganho econômico (GE) de R\$ 1009.316,74 conforme tabela 16. O período em análise foi de 6 meses o qual proporcionou redução do tempo de setup, redução de aparas e aumento na capacidade produtiva das máquinas. O benefício ambiental obtido por meio do (MIT) foi de 42.644,52 toneladas de materiais que deixaram de ser retiradas dos ecossistemas em 6 meses. Resultado esse obtido da diferença medida antes (tabela 14) e depois (tabela 15) da implantação do SMED. A economia total de material (MTE) observado no período de 6 meses foi de 255.280kg de aparas que deixaram de ser extraídas da natureza. Dessa forma, para a realização dos cálculos foram aplicados os índices de ganho ambiental (IGA) e índice de ganho econômico (IGE) conforme as equações:

$$\text{Eq.1 IGE} = \text{MTE}/\text{GE} \quad \text{Eq.2 IGA} = \text{MIT}/\text{GE}$$

Tabela 16- comparação do ganho econômico e ambiental

Material economizado kg	GE	Impacto Ambiental anual kg	IGE	IGA
255.280,00	1.009.316,74	42.644.520,35	0,253	42,251
MET	GE	MIT		

A comparação realizada entre ganho econômico e ganho ambiental conforme tabela 16, permite avaliar ganhos indicando seu índice de representatividade, (OLIVEIRA NETO, 2010,2012 e 2014). No IGE cada R\$ real economizado equivale-se a economia de 0,253kg de matéria-prima. E no IGA a cada R\$ real economizado, 42,251kg de materiais foram deixados de ser extraído da natureza.

Em suma, na empresa “C” foi aplicado a ferramenta SMED, conforme metodologia desenvolvida por Shingo (2008) e adaptado por Fogliatto e Fernandes (2003), a qual contribuiu para redução do setup, eliminando período não produtivo no chão de fábrica, proporcionando aumento da produtividade e redução de apara. O ganho econômico com recuperação e reuso, SMED e manutenção preventiva foi da ordem de R\$2.018.633,48 em 1 ano. E o ganho ambiental foi de 85.289,04 toneladas que foram evitadas de serem retiradas da natureza em um período de 1 ano. Dessa forma é possível mencionar que o PCP proporcionou maior ecoeficiência à empresa, mediante suas atividades/ferramentas: i) SMED ou Troca Rápida de Ferramenta, reduzindo o tempo de setup das impressoras em 56,5%, reduzindo de 4h 46min para 1h 48min em média, por OF. Foi proporcionado também aumento na produtividade de 48,53%, comparando a produção do primeiro semestre de 2015 com o segundo semestre; ii) manutenção preventiva controlada pelo PCP que permitiu reduzir intervenções corretivas e consequentemente reduzindo desperdícios de aparas; iii) recuperação de aparas e reuso no processo produtivo, fornecendo ganhos econômicos e ambientais para a empresa; iv) substituição de matéria-prima não renovável por renovável. Um recurso não renovável são recursos consumidos mais rapidamente do que a natureza pode produzi-los, dessa forma o PEBDL verde feito da cana-de-açúcar pode ser facilmente regenerado pela natureza, proporcionando benefícios ambientais.

Portanto é possível mencionar que a avaliação ambiental por meio da ferramenta MIF e a avaliação econômica antes e após as interferências do PCP mostraram resultados positivos na empresa “C” colaborando com o aumento da ecoeficiência na empresa em análise.

No quadro 5 é apresentado uma síntese intracaso do que foi realizado em cada empresa, considerando as atividades de PCP que tiveram fortes relações com ecoeficiência, colaborando para a obtenção de ganhos ambientais e econômicos. Foram consideradas as atividades encontradas nos três casos: recuperação e reuso de aparas, sequenciamento de cargas , implantação do SMED, manutenção preventiva, substituição de matéria-prima renovável por não renovável e mudança de sistema de MTS para MTO. Essas atividades ao reduzir desperdícios com aparas permitiram realizar avaliação ambiental nas três empresas por meio da ferramenta MIF, e avaliação econômica por meio do cálculo do ROI na empresa “A” e “B”. Na empresa “C” não houve a necessidade de aplicar o ROI, pelo fato da empresa não

precisar investir em maquinários, uma vez que as aparas eram recuperadas por uma empresa terceirizada.

Quadro 6 – síntese da análise intracaso

	Caso A	Caso B	Caso C
Atividades/ferramentas	(i) mudança de sistema de MTS para MTO; (ii) sequenciamento de carga na "extrusão"; (iii) sequenciamento de carga na "impressão" (iv) manutenção preventiva; (v) recuperação e reuso de aparas	(i) recuperação e reuso de aparas	(i) implantação do SMED; (ii) substituição da matéria-prima não renovável por matéria-prima renovável; (iii) manutenção preventiva; (iv) recuperação e reuso de aparas.
Antes-Ações "PCP convencional" Após Ações "PCP ecoeficiente"	(i) A empresa usava antes o sistema de produção MTS e passou a usar depois o sistema MTO; (ii) sequenciamento de carga no setor da extrusão era feito apenas pelo prazo de entrega e passou a ser feito por mais de um critério exemplo: agrupamento de materiais similares, obedecendo largura e espessura da maior para a menor, além da data de entrega; (iii) sequenciamento no setor de impressão era feito apenas por data de entrega passou a considerar também mais de um critério, como agrupamento de materiais similares com impressão externa, para depois rodas as impressões internas, além do prazo de entrega ; (iv) antes realizava manutenção corretiva depois passou para preventiva e controlada pelo PCP; (v) antes, as máquinas antigas não recuperavam refiles, depois passou a recuperar e reutilizar refiles em linha por meio de novas tecnologias das máquinas novas.	(i) antes as aparas eram vendidas, passou a ser recuperadas e reutilizadas com a implantação de um setor de recuperação	(i) Antes tinha setup longo, após passou a ter setup curto com a implantação do SMED; (ii) antes usava matéria-prima não renovável, depois passou a usar matéria-prima renovável feita da cana-de-açucar; (iii) antes fazia apenas manutenção corretiva, após passou a fazer manutenção preventiva planejada pelo PCP; (iv) antes vendiam as aparas, depois passou a reutilizar em seu processo produtivo.
Ganho econômico	(i) A troca de sistema MTS para MTO permitiu reduzir custos com estoque e redução de desperdício com apara;(ii) O sequenciamento de carga na extrusão reduziu desperdício de tempo e redução de aparas; (iii) O sequenciamento de carga na impressão reduziu setup, ou seja, desperdício de "tempo" e redução de apara; (iv) a manutenção preventiva reduziu intervenção corretiva e despedidos de tempo e aparas; (v) a tecnologia das máquinas novas permitiram recuperação e reuso de refile. Contudo, o conjunto dessas atividades proporcionaram um ganho de R\$ 2.518.628,66 por ano após o retorno do investimento.	(i) recuperação e reuso de aparas. Essa atividade permitiu à empresa um ganho de R\$ 2.844.206,40 por ano após o retorno do investimento realizado.	(i) Com a implantação do SMED houve redução de desperdício de tempo e aumento de produção; (ii) a matéria-prima renovável proporcionou estratégia por meio do marketing verde, a fim de melhorar a imagem da empresa e obter mais clientes ; (iii) a manutenção preventiva reduziu intervenção corretiva e despedidos de tempo e aparas; (iv) a reciclagem e reuso de matéria-prima evitou gastos com matéria- prima virgem. O conjunto dessas atividades proporcionaram um ganho de R\$ 2.018.633,48 por ano após o retorno do investimento.
Ganho ambiental	(i) A troca de sistema de MTS para MTO reduziu desperdícios com aparas; (ii) o sequenciamento na extrusão reduziu energia elétrica e aparas; (iii) o sequenciamento na impressão reduziu aparas; (iv) a manutenção preventiva reduziu aparas; (v) a recuperação e reuso de refile reduziu aparas. O conjunto dessas atividades proporcionaram uma redução de impacto ambiental de 1701,27 toneladas de material abiótico, 482,31 toneladas de ar e 28.454,43 toneladas de água. Correspondendo um total de 30.638,01 toneladas de materiais em geral que foram deixados de serem extraídos do meio ambiente.	(i) Com essa atividade de recuperação e reuso de aparas foram reduzidos 2.517,63 toneladas de materiais abióticos, 122.009,91 toneladas de ar e 2.001,04 toneladas de água totalizando um valor de 126.528,58 toneladas de materiais em geral que foram deixados de ser extraídos do meio ambiente.	(i) Com o SMED houve redução de desperdícios com apara; (ii) com o uso da matéria-prima renovável, permitiu que o ecossistema tivesse mais tempo para se recompor; (iii) a manutenção preventiva reduz desperdícios de apara causada pela parada de máquina; (iv) a reciclagem e o reuso de produto evitou retirar matéria-prima dos ecossistemas. O conjunto dessas atividades promoveram redução de 1.082,39 toneladas de materiais abióticos, 1.429,57 toneladas de ar e 82.777,09 toneladas de água totalizando 85.289,05 toneladas de materiais deixados de serem extraídos do meio ambiente.

Para alcançar esses resultados foram consideradas as ações realizadas antes pelo PCP convencional e após as interferências do PCP por meio de suas atividades que tiveram relação com a ecoeficiencia. Dessa forma é possível mencionar que as três empresas obtiveram melhorias na ecoeficiência conforme demonstrado no quadro 6.

4.4 ANÁLISE INTERCASO

Foi adotado a análise intercaso proposta por Miles e Huberman (1994) com o objetivo de identificar diferenças e semelhanças entre os casos pesquisados, permitindo assim consubstanciar o quadro 7.

A atividade que apresentou maior relação com a ecoeficiencia foi a recuperação e reuso de aparas praticadas pelas três empresas. A empresa “B” passou a recuperar e reaproveitar as aparas em seus próprios processos produtivos, deixando de vender as aparas para outras empresas, evitando assim destinação incorreta. A empresa “B” terceirizou o serviço de recuperação, porém o material voltava para a empresa e também era utilizado no processo produtivo da empresa. Enquanto a empresa “A” foi a que menos utilizou essa atividade, pois a recuperação e reuso acontecia em linha aproveitando apenas 3% dos “refiles”, os quais anteriormente eram vendidos, assim como as aparas dos outros setores da empresa também eram vendidas.

A empresa “B” foi a que mais obteve ganho econômico chegando a uma ordem de R\$ 2.844.206/ ano seguido da empresa “A” com ganhos de R\$ 2.518.628,64/ano, sendo o menor ganho econômico da empresa “C” R\$ 2.018.633,48/ano. Ao considerar a redução do impacto ambiental a empresa “B” foi a que mais obteve redução de impacto ambiental totalizando uma redução de 126.528,58 ton/a, sendo 2.517,63 ton/a de material abiótico, 122.009,91 ton/a de ar e 2.001,04 ton/a de água. A segunda empresa que obteve maior redução de impacto foi a empresa “C” chegando a 85.289 ton./ano, sendo 1.082,4 ton./a de material abiótico, 1.429,6 ton./a de ar e 82.777 ton./a de água que deixaram de ser retiradas do meio ambiente. E por último a empresa “A” que obteve redução de 30.638,01 ton/ano, sendo 1.701,27 toneladas de material abiótico, 482,31 toneladas de ar e 28.454,43 toneladas de água que foram deixadas de ser retiradas dos ecossistemas durante o período de um ano.

As demais atividades como implantação de SMED, sequenciamento de carga, manutenção preventiva, uso de matéria-prima renovável e troca de sistema MTS para MTO, são atividades de PCP encontradas na pesquisa de campo que mantiveram relação com ecoeficiencia, permitindo ganhos econômicos e ambientais conforme quadro 7.

Quadro 7 - Análise intercasos - aspectos semelhantes e diferentes.

	Aspecto semelhantes	Aspectos diferentes
Recuperação e reuso de aparas	As três empresas "A", "B" e "C" realizam recuperação e reuso de aparas. Essa é uma das atividades de PCP que tem uma forte relação com a ecoeficiência	-
sequenciamento de carga	A empresa "A" e "C" realizaram mudança no sequenciamento de carga para reduzir setup. A empresa "A" trabalhou com mais intensidade a questão de setup o qual realizou tanto na extrusão como na impressão, enquanto a empresa "C" realizou o setup apenas na impressão, para reduzir o setup. Ambas reduziram também além do setup a quantidade de aparas.	A empresa "B" não realizou mudança no sequenciamento conforme a empresa "A" e "C". O sequenciamento da empresa "B" já era realizada com mais de um critério no sequenciamento, obedecendo cores das mais clara para a mais escura além de seguirem também a data de entrega.
Implantação de SMED	A empresa "A" e "C" realizaram setup. Embora a empresa "A" não realizou o SMED conforme a metodologia de shingo, porém foi realizado indiretamente pelo fato de terem padronizado o sistema de trabalho e com isso foi obtido uma redução de setup e de aparas em ambas as empresas.	A empresa "B" embora tenha o setor de termoforagem que gera uma grande quantidade de apara, não realizou implantação de SMED, porque a empresa não tem problema de setup longo, a quantidade de apara alta é do próprio sistema.
Matéria-prima renovável	A empresa "A" e "B" não utiliza matéria-prima renovável.	A empresa "C" é a única que utiliza matéria-prima renovável feito da cana-de-açúcar.
Manutenção preventiva	A empresa "A" e "C" implantaram manutenção preventiva planejada pelo PCP. A empresa "C" já era implantado essa atividade e controlado também pelo PCP.	A empresa "B" ao ser pesquisada já possuia o planejamento de manutenção preventiva controlado pelo PCP.
Sistema de produção MTS e MTO	A empresa "A" e "B" trabalham com o sistema MTO. A empresa "A" anteriormente trabalhava com o sistema MTS, no entanto, precisou ajustar-se devido muitos desperdícios tanto econômico como ambiental com custos em estoque e obsolescência de material o qual tornava-se aparas.	A empresa "B" é a única que trabalha com dos dois sistemas, MTS e MTO, os pedidos que tem bastante saída são extrusados em seguida termoforados e posteriormente direcionados para o estoque. Embora seja poucos os pedidos feito em MTS, porém principalmente quando não tem pedidos colocados, é realizado tal procedimento, o qual gera um certo risco e custo adicional para a empresa.
Ganho econômico	As três empresas obtiveram ganhos econômicos. A empresa "A" obteve um valor de R\$ 2.518.628,66 por ano após o retorno do investimento. A empresa "B" foi a que mais obteve ganho economizando R\$ 2.844.206,40 por ano após o retorno do investimento realizado enquanto a empresa "C" obteve 2.018.633,48 por ano.	-
Redução de impacto ambiental	As três empresas obtiveram redução de impacto ambiental. Na empresa "A" foi reduzido 1.701,27 toneladas de material abiótico, 482,31 toneladas de ar e 28.454,43 toneladas de água. Correspondendo um total de 30.638,01. Na empresa "B" foi reduzido 2.517,63 toneladas de materiais abióticos, 122.009,91 toneladas de ar e 2.001,04 toneladas de água totalizando um valor de 126.528,58 toneladas, enquanto na empresa "C" foi reduzido 1.082,39 toneladas de materiais abióticos, 1.429,57 toneladas de ar e 82.777,09 toneladas de água, totalizando 85.289,05 toneladas de materiais que evitaram ser extraídos dos ecossistemas.	-

4.4.1 Discussão

As três empresas pesquisadas realizaram recuperação e reuso de aparas, demonstrando que é uma atividade que pode proporcionar ganhos tanto econômicos como ambientais. Como as empresas pesquisadas eram do mesmo ramo e do mesmo porte, consideradas todas como de médio porte, é possível tecer uma discussão comparando formas de investimento e retorno econômico e ambiental nas três empresas. A empresa “A” que por meio de investimento em novos maquinários de extrusão passaram a reaproveitar os refiles em linhas, transportando o material para um triturador e do triturador encaminhado para o funil retornando ao processo produtivo. A empresa “A” a qual vendia a maior parte de suas aparas, foi a que menos explorou essa atividade, pois recuperava e reutilizava apenas os refiles da extrusão, enquanto as demais aparas eram vendidas para outras empresas obtendo menos ganhos econômicos e ambientais. A empresa “B” utilizou essa atividade com maior intensidade, implantando um setor de recuperação e reuso de aparas, o que proporcionou a esta empresa além do ganho econômico, redução de impacto ambiental maior do que as demais empresas pesquisadas. Enquanto a empresa “C” terceirizou o serviço de recuperação das aparas e as reutilizavam em seu sistema produtivo. A empresa “C” apesar de não ter que investir no setor de recuperação, obteve menos retorno econômico e ambiental do que a empresa “B” que investiu na construção de um setor de recuperação e também em maquinário e mão-de-obra. Dessa forma, o resultado nos mostrou que o investimento em recuperação e reuso de aparas em empresas de embalagens plásticas pode ser uma oportunidade para as organizações desse ramo, obter maiores ganhos econômicos além de colaborar com o meio ambiente na redução do impacto ambiental evitando maiores extrações de matérias- primas para a fabricação de polímeros.

Esse resultado demonstrou também simetria com a literatura em relação a adoção de recuperação de produtos ou matéria-prima pelo PCP, dos quais foram encontrados na pesquisa de Mawandiya, Jha e Thakkar (2016) que foram recuperadas e reutilizadas baterias automotivas (chumbo-ácido) em ciclo fechado para minimizar o impacto ambiental e ganho econômico. Prajogo, Tang e Lai (2014) enfatizaram a necessidade do PCP reduzir resíduos por meio de recuperação e reuso de matéria-prima. Lage e Godinho Filho (2015) realizaram modelo matemático a fim de minimizar o custo total na recuperação de materiais no processo de

remanufatura. Digalwar, Tagalpallewar e Sunnapwar (2013) considerou o PCP como uma medida de desempenho destinada a realizar recuperação de materiais e de introduzir tecnologias mais limpas na produção. Enquanto Munot e Ibrahim (2013) mencionaram que a remanufatura visa restaurar produtos usados em produtos remanufaturados com condições de qualidade tão boas quanto os novos produtos.

Dessa forma, para Pereira e Jabbour (2015) a adoção do PCP ecoeficiente pode ocorrer à medida que os desperdícios são reduzidos através da reciclagem, reuso ou remanufatura. O que pode-se concluir que essas atividades identificadas na pesquisa de campo contribuiu com a literatura ao demonstrar a possibilidade de empresas no setor plástico utilizarem a recuperação e o reuso para o benefício não apenas econômico, mas também ambiental. É possível também mencionar que a recuperação e reuso de aparas foi a atividade de PCP que obteve relação mais forte com a ecoeficiência.

Outro achado foi que o sequenciamento de carga favorece a ecoeficiência, pois proporcionaram redução de desperdícios de tempo e aparas. No entanto, o sequenciamento de carga é uma atividade que se não tiver bem executada impacta negativamente na ecoeficiência. Na empresa “A”, por exemplo, a atividade de sequenciamento teve uma repercussão muito forte, pelo fato do profissional de PCP trabalhar apenas com um critério de sequenciamento, pois é uma atividade que exige flexibilidade e conhecimento e não pode ser engessada por apenas um critério como era praticado pela empresa “A”; que utilizava apenas a data de entrega como critério de sequenciamento de carga. Essa atitude gerava maior quantidade de aparas por trabalhar com mudanças abruptas constantemente, ao invés de trabalhar com materiais similares, e agrupamento de materiais. A empresa só começou a obter ganhos econômicos e ambientais quando mudou a forma de sequenciamento utilizando aproveitamento de materiais e agrupamento de ordem de serviços semelhantes, como por exemplo, impressão na parte externa ou interna do filme de polietileno. A alternância entre impressão interna e externa é uma mudança abrupta que exige maior tempo de setup e consequentemente maiores desperdícios de aparas. Dessa forma, quanto mais longo possível o tempo de alternância desses dois tipos de impressões, melhor para a redução de desperdícios. Com isso, a empresa “A” passou a realizar o sequenciamento de carga por agrupamento de OFs de impressão externa e somente quando acabavam aquelas OFs é que iniciava o setup das impressões internas por meio de outro agrupamento, a fim de aproveitar a

conversão e rodar todas as OFs de impressão internas que tivessem em datas de entregas mais próximas.

Esse resultado contribui com a literatura de Cannata e Taisch (2010) que mencionaram a importância da atividade para reduzir o consumo de energia elétrica por meio de sequenciamento. Também contribui com a pesquisa de Plehn *et al.* (2012) que mensuraram a redução de setup e energia elétrica em 13% e com o trabalho de Oliveira Neto e Lucato (2015), que reduziu custos na produção em 42% e redução de impacto ambiental em 13%, utilizando o sequenciamento de carga. Portanto, é uma atividade que conforme demonstrado tanto na literatura como na pesquisa de campo, pode proporcionar melhoria na ecoeficiência.

O SMED é outra atividade que proporcionou melhorias de ecoeficiência por reduzir em média 70% do setup nas impressoras da empresa “A”. Enquanto que na empresa “C” reduziu setup em 62,24%. Tanto na empresa “A” quanto na empresa “C”, a redução do setup permitiu também redução de apara e redução de energia elétrica, pois as máquinas ficavam até 5 horas para realizar setup e após aplicação do SMED passou para uma média de 1,5 horas. Considerando que as máquinas deixaram de ficar 3,5h ligadas tentando realizar o setup e gerando aparas nesse período, dessa forma, é possível mencionar que essa atividade corroborou com a ciência uma vez que reduziu energia elétrica e desperdícios com materiais além de ganhos econômicos. Esse resultado está de acordo com os ensinamentos de Shingo (2008) por meio da aplicação de quatro fases, que são: estratégico, preparatório, operacional e de comprovação.

Também foi constatado que o profissional de PCP da empresa “C” substituiu o uso de matéria-prima não renovável para renovável, contribuindo com a ecoeficiencia do sistema por meio do uso de cana-de-açúcar para produzir o PEBDL, enquanto que a empresa “A” e “B” utilizam matéria-prima extraída do petróleo, que consiste em material não renovável. Esse achado contribui com a pesquisa de Shao *et al.* (2012) para evitar o esgotamento de recursos naturais utilizado na produção por meio do uso de materiais renováveis. Portanto a utilização de materiais renováveis permite aos ecossistemas se recomporem, uma vez que o meio ambiente precisa de muitos anos para produzir o petróleo. A empresa “C” pôde também explorar estrategicamente esse fator utilizando o marketing verde que é uma estratégia utilizada na venda de produtos que são evidenciados pela sua importância de proporcionar benefícios ao meio ambiente. Dessa forma, o uso de

matéria-prima renovável utilizada pelo PCP, para a produção de bens, pôde proporcionar à empresa “C” ganhos ambientais e econômicos, aspecto pouco explorado na literatura de PCP.

Outro achado relevante foi que a manutenção preventiva proporcionou mais ecoeficiência na empresa “A” e “C”, denotando que além de prevenir paradas indesejadas por desgastes de peças, evitou geração de aparas, pois a cada vez que era preciso realizar setup na máquina, era gerado em média de 10 a 20kg de aparas. As empresas “A” e “C” demonstraram a importância de realizar essa atividade, pois as mesmas tinham apenas manutenção corretiva e após a análise constataram a oportunidade de obterem ganhos econômicos ao decidir implantar a manutenção preventiva, controlada pelo PCP. Enquanto que a empresa “B” já trabalhava com manutenção preventiva. Portanto, os resultados mostraram que é uma atividade importante, que sugere ser planejada pelo PCP uma vez que este tem o controle de todas as máquinas. Normalmente essa atividade deve ser realizada em períodos de ociosidade da máquina para não prejudicar o planejamento da produção em termos de desperdícios de tempo e de apara. Com isso, a utilização de técnicas preventivas pelo PCP com foco na proatividade ambiental consiste em aspecto embrionário que gera ganhos de ecoeficiência. As ações preventivas estão relacionadas com a proatividade ambiental, sendo possível reduzir desperdícios no uso de matérias-primas, energia elétrica, água e diversos subprodutos. Desta forma, esse achado inova a literatura de PCP, sugerindo maior aprofundamento científico sobre o assunto.

Na literatura não foi encontrado nenhum trabalho que mencionasse ganho econômico e ambiental pela troca de sistema de MTS para MTO. No entanto, no estudo de caso da empresa “A” foi realizado a mudança de sistema, pois as bobinas que eram feitas para estoque nem sempre eram aproveitadas de forma correta. Dessa forma, quando não entrava OFs com as mesmas dimensões, as bobinas acabavam tornando-se obsoletas devido ao longo tempo de estocagem, necessitando portanto, cortá-las e jogá-las nas aparas. A empresa “C” portanto, já utilizava o sistema MTO e não tinha problema de custos com estoque e nem gerava desperdícios com bobinas paradas. No entanto, a empresa “B” utiliza tanto o sistema MTS como o MTO, porém no sistema MTS a empresa produz apenas os tipos de produtos que tem alta rotatividade e dessa forma quando entra alguma OF, parte do processo já se encontra pronto em estoque. Porém, o sistema MTS gera maior custo

na gestão de estoque e está mais propenso a desperdícios de materiais. No entanto, esse resultado exploratório demonstra que o profissional de PCP poderia substituir a maneira de gerenciar o sistema de produção, visando a ecoeficiência operacional. Geralmente as pesquisas na área de PCP demonstram apenas o foco econômico nas decisões de sistemas de produção. Com isso, esse achado inovador poderá impulsionar outras pesquisas sobre as implicações e impactos das mudanças do sistema de produção para melhorar a ecoeficiência da empresa.

Outro aspecto consiste que as três empresas obtiveram redução de impacto ambiental. Na empresa “A” houve uma redução no total de 30.638,01 ton/a sendo 1.701,27 ton/a de material abiótico, 482,31 ton/a de ar e 28.454,43 ton/a de água. Na empresa “B” a redução totalizou 126.528,58 ton/a, sendo 2.517,63 ton/a de material abiótico, 122.009,91 ton/a de ar e 2.001,04 ton/a de água. Enquanto na empresa “C” reduziu um total de 85.289 ton/a, sendo 1.082,4 ton/a de material abiótico, 1.429,6 ton/a de ar e 82.777 ton/a de água que deixaram de ser retiradas dos ecossistemas durante o período de um ano.

Ressalta-se que geralmente os trabalhos que relacionam o PCP com ecoeficiencia apresentam apenas indícios qualitativos sobre o possível ganho ambiental. Apenas a pesquisa de Oliveira Neto e Lucato (2015) realizaram avaliação do impacto ambiental na área de PCP no setor químico, representando redução de 45.585 kg no compartimento abiótico, 2.762.224 kg água e 7.169 kg no ar. No entanto, a presente pesquisa também proporcionou contribuição com a literatura por meio da apresentação de dados quantitativos que representaram redução de impacto ambiental nos ecossistemas, porém em empresas fabricantes de embalagens plásticas.

As três empresas também obtiveram ganho econômico por meio das atividades de PCP, o qual foi realizado avaliação econômica por meio do ROI permitindo a empresa “A” obter ganho de R\$ 2.518.628,64 /ano, na empresa “B” 2.844.206,00/ ano e na empresa “C” R\$ 2.018.633,48/ano. Nas pesquisas que relacionaram PCP com ecoeficiência no geral apresentaram indícios qualitativos que podem proporcionar ganhos econômicos. A única pesquisa que constatou dados quantitativos para analisar os ganhos econômicos foi a pesquisa de Oliveira Neto e Lucato (2015) realizada no setor químico. No entanto, o que difere a pesquisa recém mencionada com a presente pesquisa, é o fato de que esta foi realizada em

empresas fabricantes de embalagens plásticas contribuindo dessa forma com a literatura por ter sido desenvolvido em outro setor produtivo.

5. CONCLUSÃO

Neste estudo foi realizado uma pesquisa de múltiplos casos relacionando atividades do PCP com ecoeficiência e foi constatado que as empresas fabricantes de embalagens plásticas no Brasil relacionam com maior propriedade a atividade de recuperação e reuso de matéria-prima. Portanto, nos últimos anos a preocupação com o meio ambiente tem levado as indústrias de fabricação assumir um papel próativo no desenvolvimento de processos de produção mais limpa e no design de produtos recicláveis.

As três empresas analisadas neste trabalho realizaram recuperação e reuso de aparas e obtiveram ganhos ambientais e econômicos por meio de reaproveitamento do material que foi reutilizado no processo produtivo das empresas “A”, “B” e “C”. Embora os gestores das três empresas tivessem apenas perspectivas de ganhos econômicos, por meios de estudos e pesquisa de campo, este trabalho pôde demonstrar que as empresas estavam preocupadas mais com o ganho econômico do que com o ambiental, e ao mesmo tempo também foi possível mostrar que além dos ganhos econômicos as empresas mesmo sem perceber obtiveram também redução de impacto ambiental. A empresa “C” foi a única que soube explorar melhor a atividade de recuperação e reuso de apara de forma eficiente, por ter implantado essa atividade no setor produtivo e com isso obteve maiores retornos econômico e redução de impacto ambiental em detrimento à empresa “A” que vendia a maior parte de suas aparas, e também à empresa “C” que terceirizou essa atividade. Com isso pode-se concluir que as empresas perdem oportunidades de potencializar seus ganhos econômicos e ambientais ao deixar em segundo plano o reaproveitamento e reuso das aparas.

Outra atividade que para as empresas tem foco apenas econômico é o sequenciamento de cargas, pois com essa atividade é possível ao profissional de PCP reduzir desperdícios de tempo e de apara. É uma atividade que está relacionado também com o SMED, o qual permitiu reduzir desperdício de tempo com o setup, redução de desperdício com apara e energia elétrica. Dessa forma é possível concluir que essas três atividades são as mais usadas pelas empresas tradicionais. Geralmente as empresas realizam essas atividades pensando apenas em ganhos econômicos, porém com o procedimento proposto na pesquisa de campo, foi possível perceber que além de ganhos econômicos obtiveram também

redução de impactos ambientais, uma vez que os materiais recuperados são reaproveitados evitando extração de recursos naturais para a utilização de matéria-prima na produção.

Foi também constatado na pesquisa que a empresa “C” teve como foco o uso de matéria-prima renovável. Essa decisão foi estratégica para evidenciar a importância da empresa, por meio da responsabilidade em proporcionar benefícios ao meio ambiente, pois dessa forma a empresa obteve com essa atividade a oportunidade de melhoria de imagem, praticando o marketing verde. Também foi utilizado na empresa “A” e “C” a questão da proatividade ambiental, pois essas empresas enxergaram a oportunidade de aumentar o desempenho das máquinas ao substituir a manutenção corretiva por preventiva, pois apesar do pensamento econômico, há um apelo forte no aspecto ambiental pela questão proativa. E por fim, foi constatado mudança no sistema de produção de MTS para MTO proporcionando também redução de custos e de impacto ambiental. Portanto pode-se concluir que embora não seja comum a utilização dessas atividades: manutenção preventiva, substituição de matéria-prima não renovável por renovável e mudança de sistema de produção, para obter ganhos econômicos e ambientais, no entanto foi possível por meio da ferramenta MIF e ROI avaliar o impacto ambiental e econômico nos três casos e constatar redução de desperdícios com apara evitando extrair matéria-prima do meio ambiente para a produção, resultando em ganho ecoeficiente. Essas três atividades apresentaram resultados que podem ser importantes para outros trabalhos na área, pois o PCP deve pensar estrategicamente na forma de organizar o sistema de produção podendo otimizar recursos, proporcionando ganhos econômicos e ambientais. Entretanto, a manutenção preventiva embora não seja uma atividade exclusiva do PCP, ela tem uma relação muito forte com o planejamento da produção e em muitas empresas são controladas pelo PCP, uma vez que este pode incluir também em sua atividade o planejamento da manutenção em relação a “quando realizar” pois é preciso consiliar o tempo de produção com o tempo de manutenção. Sendo assim, é possível o PCP trabalhar em conjunto com o setor de manutenção para a realização dessa atividade de forma mais eficiente e eficaz.

Dessa forma, os objetivos desse trabalho foram atingidos ao demonstrar a confirmação da proposição sugerida em que o PCP por meio de suas atividades/ferramentas integradas a práticas ambientais podem promover melhorias

na ecoeficiência em empresas fabricantes de embalagens plásticas. Sendo essas atividades: recuperação e reuso, sequenciamento de carga, redução de setup (SMED) e substituição de matéria-prima não renovável por renovável, manutenção preventiva e troca de sistema MTS para MTO.

Todavia esse estudo mostrou alguns caminhos para pesquisas futuras, porque o tema está em nível exploratório, com maior número de pesquisas sobre revisão da literatura, simulação e estudo de caso e nenhum estudo confirmatório. Como limitação de pesquisa, não há possibilidade de generalização dos dados devido à utilização do método estudo de caso. Como sugestões para trabalhos futuros, é interessante analisar com maior profundidade a atividade de troca de sistema MTS para MTO. Pois o sistema MTO é um sistema que todas as empresas gostariam de aplicar, porém existe outras exigências de mercado como por exemplo, os níveis de serviços. Dessa forma, há muito que ser explorado para analisar os prós e contras e até que ponto seria interessante a mudança desses sistemas, uma vez que o MTO poderia melhorar na redução de impactos ambientais em empresas de embalagens plásticas.

6.REFERÊNCIAS

ABRE Associação Brasileira de Embalagem. 2015. Disponível em: <<http://www.abre.org.br/setor/dados-de-mercado/>>. Acesso em: 21 mai.2016.

ALPERSTEDT, G. D.; QUINTELLA, R. H.; SOUZA, L. R. Estratégias de Gestão Ambiental e seus fatores determinantes: uma análise institucional. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 50, n.2, p. 170 – 186, abr./jun, 2010.

ANGULO, P., GUZMÁN,C.C. JIMÉNEZ, G., ROMERO, D. A Service Oriented Architecture and its ICT– Infrastructure to support Eco-Efficiency Performance Monitoring in Manufacturing Enterprises. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 30, p. 202-214 , 2016.

ARAÚJO, C. A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Em Questão**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 11-32, jan. / jun. 2006.

BNDES BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO SOCIAL, 2011. Disponível em: <http://www.bnDES.gov.br/SiteBNDES/bnDES/bnDES_pt/Institucional/Sala_de_Imprensa/Noticias/2010/institucional/20100622_modificacao_porte_empresa.html> Acesso em: 21 abr.2016.

BERNARDINO, Maria Cleide Rodrigues; CAVALCANTE, Raphael da Silva. Em Questão, Porto Alegre, v. 17, n. 1 p. 247 - 263, jan./jun. 2011. Análise de citações dos artigos da **revista Ciência da Informação** no período de 2000- 2009. Em Questão, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 247 - 263, jan./jun. 2011.

BETTS, T. K.; WIENGARTEN, F.; TADISINA, S. K. Exploring the impact of stakeholder pressure on environmental management strategies at the level: what does industry have to do with it? **Journal of Cleaner Production**, v.11, n.7, p.281-296, 2015.

BRADFORD, B. C. **Bradford's law and the bibliography of science**. Nature, v. 224, p. 953-956, dec. 1979.

BRASIL. Ministério da Educação. Manual de educação para o consumo sustentável. Brasília: MEC/MMA/IDEC, 2005. 160 p. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/producao-e-consumo-sustentavel/consumo-consciente-de-embalagem/impacto-das-embalagens-no-meio-ambiente>> acessado em Janeiro/2018.

BRENNAN,L.; GUPTA, S. M. end TALEB, K. N. Operations Planning Issue sinan Assembly/ Disassembly Environment. **International Journal of Operations & Production management**, v.14, n.9, pp.57-67, 1994.

BURBIDGE, J.L. Planejamento e Controle da Produção. São Paulo: **Atlas**, 1988.

BURBIDGE, J. L. The Introduction of Group Technology. Heinemann London, 1975.

BURKE, R. Project Management – Planning and Control Techniques. 3rd Edition. Baffins Lane, Chichester: John Wiley & Sons LTD, 2001.

CANNATA, A. and TAISCH, M. Introducing Energy Performances in Production Management: Towards Energy Efficient Manufacturing. **Advances in Production Management Systems. New Challenges, New Approaches** p.168-175, 2010.

CAO, H.; FOLAN, P.;POTTER, D. end BROWNE, J. BROWNE. Knowledge-enriched shop floor control in end-of-life business. **Production Planning & Control**, v.22, n.2, p.174-193, 2011

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia científica**. 5.ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

CHEHEBE, J. R. **Analise do Ciclo de Vida de Produtos: ferramenta gerencial da ISO 14.000**. Rio de Janeiro: Qualitymark., CNI,1997.

CHASE, R. B.; JACOBS, F. R.; AQUILANO, N. J. **Operations Management for Competitive Advantage**. 10 ed. New York: McGraw Hill, 2004. 800 p.

DIGALWAR , A.K. ; TAGALPALLEWAR , A.R.; SUNNAPWAR, V.K. Green manufacturing performance measures: an empirical investigation from Indian manufacturing industries. **Measuring Business Excellence**, v. 17, n. 4 p. 59-75, 2013

FAVARETTO, Fábio. **Uma contribuição ao processo de gestão da produção pelo uso da coleta automática de dados de chão de fábrica**. Tese de Doutorado em Engenharia Mecânica, 58 f. São Paulo: USP – Universidade de São Paulo/Escola de Engenharia. 2001.

FERGUSON N.; BROWNE, J. Issues in end-of-life product recovery and reverse logistics. **Production Planning & Control**, v.12, n.5, p.534-547, 2001.

FERNANDES et.al. Identificação dos principais autores em Planejamento e Controle de Produção por meio de uma survey mundial com pesquisas na área .

Gest. Prod., São Carlos, v. 14, n. 1, p. 83-95, jan.-abr. 2007.

FOGLIATTO, F. S. FAGUNDES, R. M. F., 2003. Troca Rápida de Ferramentas: proposta metodológica e estudo de caso. **Gestão & Produção**. V.10, n.2, pp163-181.

Goggin,K.;Reay,E.;Browne,J. Modelling end-of-life product recovery chains – a case study. **Production Planning & Control**, v.11,nº2, p. 187-196, 2000.

GOLDRATT, E.M. e COX, J. A Meta, 2. ed., Nobel, 2014.

GRAUER, M. A.; LEWANDOWSKAIN A. I. Multiple-objective decision analysis applied to chemical engineering. **Computers & Chemical Engineering**, v. 8, n. 5 p. 285 – 293, 1984.

GUEDES, Vânia L. S. e BORSCHIVER, Suzana. Bibliometria: uma ferramenta estatística para a gestão da informação e do conhecimento, em sistemas de informação, de comunicação e de avaliação científica e tecnológica. In: CINFORM – Encontro Nacional de Ciência da Informação, 6., 2005, Salvador. **Anais...** Salvador: ICI/UFBA, 2005. Disponível em http://www.cinform.ufba.br/vi_anais/docs/VaniaLSGuedes.pdf. Acessado em 04/01/2016

GUIDE JR, D. Production planning and control for remanufacturing: industry practice and research needs. **Journal of Operations Management** v.18, p.467-483, 2000.

GUIDE JR, D.; SPENCER, M. S. Rough-cut capacity planning for remanufacturing firms. **Production Planning & Control**, v.8, n.3, p.237-244, 1997.

GUIDE JR,V.D.R.; JAYARAMAN, V.; SRIVASTAVA,R. Production planning and control for remanufacturing: a state-of-the-art survey. **Robotics and Computer Integrated Manufacturing** v.15, n.3, p.221-230, 1999.

GUIDE JR,V.D.R.; JAYARAMAN, V.; SRIVASTAVA,R.; BENTON, W.C. Supply-Chain Management for Recoverable Manufacturing Systems. **Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS)** v.30, n.3, p.125-142, 2000.

HOJI, Masakazu. **Administração Financeira**: Uma abordagem prática. 5º ed. São Paulo: ATLAS, 2010.

JABBOUR, C. J. C. Non-linear path ways of corporate environmental management: a survey of ISO 14001- certified companies in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 12, p. 1222-1225, 2010.

JABBOUR, C.J.C.; SILVA, E.M.; PAIVA, E.L.; SANTOS, C.A., 2012. **Environmental management in Brazil**: is it a completely competitive priority? V. 21, PP. 11–22

JENA, S. K. and SARMAH, S. P. Future aspect of acquisition management in closed-loop supply chain. **International Journal of Sustainable Engineering**. Vol. 9, p 266-276, 2016.

LAGE Jr. M.; Godinho Filho, M. Master disassembly scheduling in a remanufacturing. **Central European Journal of Operations Research**, Vol. 25, No. 123-138, 2015.

LAMPKOWSKI, F. J.; BIAGGIONI, M. A. M. e LAMPKOWSKI, M., 2014. Gerenciamento ambiental e ecoeficiência no processo de adoção de inovação em empresas sucroenergéticas do centro-oeste do Estado de São Paulo. **Revista de Tecnologia Aplicada (RTA)**.

LAVILLE, C.; DIONNE, J. **A construção do saber**: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas. Belo Horizonte: UFMG, 1999.

LIDAK, G. e Rebelato, M.G. Buscando a Eficiência na Aquisição e Disposição de Dados do Processo. **10th Simpósio de Engenharia de Produção**, São Paulo, Brazil.2003.

LINTON ,J. D.; JAYARAMAN, V. A framework for identifying differences and similarities in the managerial competencies associated with different modes of product life extension. **International Journal of Production Research**, Vol. 43, No. 9, p.1807-1829, 2005.

LOTKA information science. **Journal of the American Society of Information Science**, New York, v. 25, n. 4, p. 270-272, jul./aug, 1926.

MACCARTHY, B. L.; FERNANDES, F. C. F. A Multidimensional Classification of Production Systems for the Design and Selection of Production Planning and Control Systems. **Production Planning & Control**, 2002, Vol. 11, n. 5, 481-496.

MALHOTRA, N. **Pesquisa de marketing**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. e **Fundamentos de Metodologia Científica: Técnicas de Pesquisa 7^a ed.** São Paulo: Atlas, 2010.

MARTINS, E. Contabilidade de custos. 7^a ed., São Paulo: **Atlas**, 2000.

MARTINS, R. A. Abordagens Quantitativa e Qualitativa.In: CAUCHICK MIGUEL, P. A. (coord.). Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações. 2ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

MAWANDIYA B. K, JHA J. K. and THAKKAR J. Two-echelon closed-loop supply chain deterministic inventory models in a batch production environment International **Journal of Sustainable Engineering** v.9, n.5, p.315-328, 2016.

MELNYK, S.A; RAGATZ,G.L.;FREDENDALL,L. Load smoothing by the planning and order review/release systems: A simulation experiment. *Journal of Operations Management*, v.10, n.12, p.512-523, 1991.

MICHELSEN, O. Eco-eficiency Assessments as a Tool for Revealing the Environmental Improvement Potential of New Regulations. **Sustainability**, 2010

MILES, M. M.; HUBERMAN, A. M. **Qualitative data analysis: an expandet soucebook**. 2. ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 1994.

MOUSAVI, S., THIEDE, S., LI W., KARA, S. An integrated approach for improving energy efficiency of manufacturing process chains. **International Journal of Sustainable Engineering**. v.9, n.1, p. 11-24, 2016.

MUNOT, M. A.; IBRAHIM, R.N. Remanufacturing process and its challenges **Journal of Mecha-nical Engineering and Sciences (JMES)**, Volume 4, p.488–495, 2013.

NAKAJIMA, Seiichi. Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989.

NIIMI, Atsumi. Sobre o nivelamento (*Heijunka*). Fev/2004. Disponível em . Acesso em: 10 abri. 2016.

NIKOLOPOOULOU, A.; LERAPETRITOU, M.G. Optimal design of sustainable chemical processes and supply chains: A review **Computers and Chemical Engineering**, v.44, p.94-103, 2012.

NILOLAIDIS Y. A Modelling Framework for the Acquisition and Remanufacturing of Used Products. **International Journal of Sustainable Engineering** . v.2, n.3, p.154-170, 2009.

OHNO, T. Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala, Porto Alegre, Editora Bookman, 1997.

OLIVEIRA NETO, G.C.; CHAVES,L.E.C. Planejamento e controle da produção com educação ambiental: um estudo de caso em uma empresa de fabricação de borracha.in: SIMPOSIO DE EXCELENCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA ,2012, São Paulo. **Anais eletrônicos.** São Paulo: 2012. Disponível em: <<http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos12/62616806.pdf>>. Acesso em: 21mai.2012.

OLIVEIRA NETO, G.C; CHAVES, L.E.; VENDRAMETTO,O. Vantagens econômicas e ambientais na reciclagem de poliuretano em uma empresa de fabricação de borracha. **Revista Exacta**, V.8, nº1, 2014.

OLIVEIRA NETO, G. C.; CHAVES, E. C. C.; VENDRAMETTO, O. Vantagens econômicas e ambientais na reciclagem de poliuretano em uma empresa de fabricação de borracha, **Exacta**, v.8, n.1, p. 65-80, 2010.

OLIVEIRA NETO,G. C.; LUCATO, W. C. Production planning and control as a tool for eco-efficiency improvement and environmental impact reduction **Production Planning & Control**. Vol. 27, NO. 3, p.148–156, 2015.

OLIVEIRA NETO, G.C. **Manufatura Limpa:** Mudança Incremental e Tendência de Gestão no Sistema Produtivo. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Paulista: São Paulo, 2012.

ORLICKY, Joseph. Material Requirements Planning. New York: **McGraw-Hill Book Company**, 1975.

OTLET, P. Traité de documentation: le livre sur le livre théorie et pratique. Bruxelles, **Editiones Mundaneum Ralais Mondial**, p. 6-37. v 9, 1934.

PEREIRA, G. S.; JABBOUR, A. B. L. S. Interface entre as áreas de operações e meio ambiente: estudo de caso sobre os pontos de contato e seus potenciais conflito. **G&P**, 2015.

PIPES, A. Production for Graphic Designers. 4 ed. **Nell Webb**. 2005.

PLEHN J., ZUST R., KIMURA, F., SPROEDT, A., SCHONSLEBEN, P. A method for determining a functional unit to measure environmental performance in manufacturing systems **CIRP Annals - Manufacturing Technology** Volume 61, Issue 1, p. 415–418, 2012.

PMBOK – A Guide to the Project Management Body of Knowledge. New York: **Project Management Institute**, 2000.

PRAJOGO. D., TANG A.K.Y and LAI K.H. The diffusion of environmental management system and its effect on environmental management practices. **International Journal of Operations & Production Management**, v.34, n.5, p.565-585, 2014.

PRITCHARD, A. Statistical bibliography or bibliometrics? **Journal of Documentation**, USA, v. 25, n. 4, p. 348-349, 1969.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2ed. universidade Feevale Rio Grande do Sul, 2013.

RAVI, V. Analysis of interactions among barriers of eco-efficiency in electronics packaging industry. **Journal of Cleaner Production**, v.15, n.8, p.181-196, 2015.

SANTO, B. C. E.; ROCHA, S. P. F.; LINS, V. F. C. Aspectos do coprocessamento de resíduos em fornos de clínquer. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.16, n.1, p.1 – 10, 2011.

SCHMIDHEINY, S. 1992. Changing course: A global business perspective on development and the environment. **Cambridge**, MA: MIT Press.

SHINGO, S., 1996. A Revolution in Manufacturing: The SMED System. Productivity Press. **Cambridge**, MA

SHINGO, S. Sistema de Troca Rápida de Ferramenta: Uma revolução nos sistemas produtivos. **Bookman**, 2008.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 3^a ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SMITH, L.; BALL, P. Steps towards sustainable manufacturing through modeling material, energy and waste flows. **International Journal of Production Economics**, v.15, n.23, p.381-396, 2012.

SIPPER, D.; BULFIN JR., R.L. Production: Planning, Control and Integration, New York: **Mc Graw Hill**, 1997.

STOIANOVICI, G.V; BUDICA, R.; GHIONEA, A. Some benefits of Jit application on the assembly line in manufacturing industry. **Annals of DAAAM & Proceedings**, p1379, 2010.

TANG, GRUBBSTRON R. W, ZANONI S. Planned lead time determination in a maker-to-order remanufacturing system. **International Journal of Production Economics**, vol.108, p. 426-435, 2007

TORRES, L.V.; OLIVEIRA NETO, J.D.; KASSAI, J.R. e KASSAI, S. Gestão de Custos na cafeicultura – uma experiência na implantação de projetos. **Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC** - Recife, PE, Brasil, 2000.

VOLLMANN, T. E.; Berry, W .L.; Whybark, C. **Manufacturing planning and control systems**. 4. ed. NewYork, USA: Irwin, 2006.

VOLLMANN, Thomas E.; WILLIAN, L. Berry; WHYBARK, D. Clay; JACOBS, F. Robert. Sistema de planejamento e controle da produção para o gerenciamento da cadeia de suprimentos. 5. ed. São Paulo: **Artmed**, 2005.

VOLLMANN, T. E.; BERRY, W. L.; WHYBARK, D. C. Manufacturing Planning and Control Systems, 4. Ed. **Mc Graw Hill**, 1997.

VOLLMER A.T; SCHMITT, R. Integrated shop floor data management for increasing energy and resource efficiency in manufacturing **International Conference on Production Research**, v. 21, n. 6, p. 170-172, 2015.

WBCSD. **Measuring Eco-efficiency**: a Guide to Reporting Company Performance. Geneva, 2000.

WU; C.C e CHANG, N.B. Evaluation of environmentally benign production program in the textile-dyeing industry (II): a multi-objective programming approach. **Civil Engineering and Environmental Systems**. Vol. 25, No. 1, p. 1–28, 2008.

WUPPERTAL INSTITUTE. **Table of material intensity, fuels, transport services and food**. Wuppertal Institute, 2014. Disponível em: <http://wupperinst.org/fa/redaktion/downloads/publications/MIT_2014.pdf> . Acesso em 22. Abr. 2016.

YIN, ROBERT. K. **Estudo de Caso**: Planejamento e Métodos. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

ZACCARELLI, S. B. Programação e Controle da Produção. 8. ed. São Paulo: Ed. Pioneira, 1987

ZHANG, et al. Enterprises' willingness to adopt/develop cleaner production technologies: an empirical study in Changshu, China, **Journal of Cleaner Production**, v. 40, p. 62-70, 2013.

ZHU, Z., WANG, K., ZHANG, B. Applying a network data envelopment analysis model to quantify the eco-efficiency of products: a case study of pesticides. **Journal of Cleaner Production**, v.69, pp 67- 73, 2014.

ZIPF, G. K. Human Behavior and the Principle of Least Effort. **Cambridge**, Massachusetts: Addison-Wesley, 1949.

7.APÊNDICE

Formulário de entrevista semi estruturada

Dados da empresa e entrevistado.

Empresa: _____ Data: _____

Entrevistado: _____ Cargo: _____

Tempo de mercado: _____ Nº Funcionários _____

Área ocupada: _____

Principais produtos: _____

Tempo de empresa: _____ anos - Tempo de experiência no cargo: _____ anos

Formação acadêmica: _____

Formação ou treinamento na área ambiental: _____