

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

CARLOS RENATO MONTEL

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA E AMBIENTAL DA ADOÇÃO DE
PRÁTICAS DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA NA INDÚSTRIA DE
FUNDIÇÃO: ESTUDO DE MÚLTIPLOS CASOS**

SÃO PAULO

2019

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

CARLOS RENATO MONTEL

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA E AMBIENTAL DA ADOÇÃO DE
PRÁTICAS DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA NA INDÚSTRIA DE
FUNDIÇÃO: ESTUDO DE MÚLTIPLOS CASOS**

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

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Cardoso de
Oliveira Neto

SÃO PAULO

2019

Dedico este trabalho: À minha mãe Marly, a minha irmã Camilla, ao meu filho Luís Gustavo, a todas as pessoas que estiveram presentes nesta jornada comigo, e especialmente a Deus.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, pela oportunidade de vida.

Ao meu orientador, Professor Dr. Geraldo Cardoso de Oliveira Neto por compartilhar seus conhecimentos, ensinamentos e amizade. Sem ele nada disso teria se concretizado.

Ao meu Coorientador, Prof. Me. Roberto Rodrigues Leite, pela compreensão, amizade e disponibilidade.

A todos os professores que a mim, compartilharam experiências, me ajudando a encontrar a direção do meu objetivo.

A UNINOVE que proporcionou a realização de um sonho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos fornecida.

A toda equipe de apoio da UNINOVE que nos deu suporte, sempre com cordialidade, simpatia e profissionalismo.

Aos meus pais que apesar de toda a dificuldade, sempre me incentivaram a buscar o conhecimento.

Aos colegas de turma do mestrado e doutorado que ensinaram a valorizar a convivência em grupo, e de amizade ao longo dos dois anos de convivência.

Aos amigos Reinaldo de Oliveira, Gabriel Victorino e Família Rampasso que estiveram presentes em todos os momentos da pesquisa.

Muito Obrigado!

“O futuro tem muitos nomes:
Para os fracos, inalcançável.
Para os temerosos, desconhecido.
Para os valentes, oportunidade”
Victor Hugo

RESUMO

A Produção Mais Limpa é uma importante abordagem para ser aplicada em pequenas fundições, pois oferece alternativas viáveis para melhorias em seus processos produtivos possibilitando ganhos econômicos e ambientais. Ela se apresenta como uma importante ferramenta à prevenção de riscos e impactos ambientais, ao mesmo tempo que proporciona aumento na eficiência dos processos, tornando todas as ações menos agressivas ao homem e ao meio ambiente. Infelizmente fundições de pequeno porte fazem pouco uso dessa prática, o que ajudaria na melhoria dos produtos e serviços, utilizando como alternativa ambiental, o tratamento de final de tubo. Mesmo a legislação brasileira caracterizando o gerador como o responsável pela destinação de seus resíduos, a escassez de informações e o desconhecimento sobre as alternativas para esse fim, faz com que pouca atenção seja dada pelas empresas a tal responsabilidade. Isso pode ser resultado da deficiência na fiscalização ou na crença de que as ações direcionadas para preservação do meio ambiente acarretem altos custos. Este estudo tem o objetivo de realizar avaliação econômica e ambiental na adoção de práticas de Produção Mais Limpa e, apresenta os resultados do trabalho realizado junto a quatro fundições de pequeno porte mensurando ganhos no setor de fundição. Em específico, realizou-se um estudo bibliográfico e bibliométrico sobre o tema, identificando as práticas utilizadas e suas consequências. A técnica adotada para coleta de dados foi entrevista e observação, possibilitando compor um estudo de múltiplos casos. A metodologia para avaliação ambiental e econômica da implantação das ferramentas de eco eficiência foi aplicada nas quatro fundições para mensurar o ganho ambiental e econômico. Constatou-se que Práticas de Produção Mais Limpa trazem benefícios tanto na questão econômica quanto na ambiental. Porém raras são as práticas adotadas por aspirações puramente ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: Práticas ambientais, Produção Mais Limpa, Fundição, Avaliação Econômica, Avaliação ambiental.

Abstract

Cleaner Production is an important approach to be applied in small foundries, as it offers viable alternatives for improvements in their production processes, allowing economic and environmental gains. It presents itself as an important tool for the prevention of environmental risks and impacts, while at the same time increasing the efficiency of processes, making all actions less aggressive to man and the environment. Unfortunately small foundries make little use of this practice, which would help in improving the products and services, using as an environmental alternative, the end-of-pipe treatment. Even the Brazilian legislation characterizing the generator as responsible for the destination of its waste, the scarcity of information and the lack of knowledge about the alternatives for this purpose, means that little attention is given by companies to such responsibility. This may be a result of deficiencies in inspection or the belief that actions aimed at preserving the environment carry high costs. This study aims to perform economic and environmental evaluation in the adoption of Cleaner Production practices and presents the results of the work carried out with four small foundries measuring gains in the foundry sector. Specifically, a bibliographic and bibliometric study was carried out on the subject, identifying the practices used and their consequences. The technique used for data collection was interview and observation, making it possible to compose a study of multiple cases. The methodology for environmental and economic evaluation of the implementation of eco-efficiency tools was applied in the four foundries to measure environmental and economic gain. It was found that Cleaner Production Practices bring benefits both in economic and environmental issues. However, the practices adopted by purely environmental aspirations are rare.

KEYWORDS: *Environmental Practices, Cleaner Production, Foundry, Environmental Evaluation, Economic Evaluation.*

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - PRODUÇÃO GLOBAL DE FUNDIDOS	19
FIGURA 2 - PRODUÇÃO ANUAL BRASILEIRA DE FUNDIDOS	20
FIGURA 3 - EVOLUÇÃO DE PUBLICAÇÕES SOBRE PRÁTICAS AMBIENTAIS	29
FIGURA 4 - LOCAL E NÚMERO DE PUBLICAÇÕES	30
FIGURA 5 - METODOLOGIA DE PESQUISA.....	31
FIGURA 6 - CONDUÇÃO DO ESTUDO DE MÚLTIPLO CASO	40
FIGURA 7 - FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE FUNDIÇÃO DA EMPRESA "A" - ANTES DA ADOÇÃO DO REGENERADOR MECÂNICO DE AREIA	55
FIGURA 8 - FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE FUNDIÇÃO DA EMPRESA "A" - DEPOIS DA ADOÇÃO DO REGENERADOR MECÂNICO DE AREIA	56
FIGURA 9 - FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE FUNDIÇÃO DA EMPRESA "B" - ANTES DA ADOÇÃO DA PRENSA SEPARADORA DE CAVACOS.....	63
FIGURA 10 - FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE FUNDIÇÃO DA EMPRESA "B" - DEPOIS DA ADOÇÃO DA PRENSA SEPARADORA DE CAVACOS.....	64
FIGURA 11 - FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE FUNDIÇÃO DA EMPRESA "C" - ANTES DA ADOÇÃO DO FORNO A INDUÇÃO ELÉTRICA	71
FIGURA 12 - FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE FUNDIÇÃO DA EMPRESA "C" - DEPOIS DA ADOÇÃO DO FORNO A INDUÇÃO ELÉTRICA.....	72
FIGURA 13 - FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE FUNDIÇÃO DA EMPRESA "D" - ANTES DA PARCERIA COM INDUSTRIA DE CONSTRUÇÃO CIVIL	79
FIGURA 14 - FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE FUNDIÇÃO DA EMPRESA "D" - DEPOIS DA PARCERIA COM INDUSTRIA DE CONSTRUÇÃO CIVIL.....	80

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – PALAVRAS-CHAVE	28
QUADRO 2 – PRÁTICAS AMBIENTAIS CITADAS PELOS AUTORES	33
QUADRO 3 – ARTIGOS QUE ESTUDARAM PRODUÇÃO MAIS LIMPA EM FUNDIÇÕES ..	35
QUADRO 4 – METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO ECONÔMICA E AMBIENTAL DAS FERRAMENTAS DE ECO EFICIÊNCIA EM OPERAÇÕES	45
QUADRO 5 – ANÁLISE INTERCAOS – SEMELHANÇAS E DIFERENÇAS	84
QUADRO 6 – RESUMO DO BALANÇO DE MASSA DOS CASOS ESTUDADOS.....	85
QUADRO 7 – RESUMO DA AVALIAÇÃO ECONÔMICA DOS CASOS ESTUDADOS.....	86
QUADRO 8 – RESUMO DO RETORNO SOBRE O INVESTIMENTO DOS CASOS ESTUDADOS	87
QUADRO 9 – RESUMO DA AVALIAÇÃO AMBIENTAL DOS CASOS ESTUDADOS	87

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - BALANÇO DE MASSA – EMPRESA “A”	57
TABELA 2 - INVESTIMENTO INICIAL – EMPRESA “A”	57
TABELA 3 - AVALIAÇÃO ECONÔMICA – EMPRESA “A”	58
TABELA 4 - CÁLCULO DE RETORNO DE INVESTIMENTO – EMPRESA “A”	59
TABELA 5 - AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL – EMPRESA “A”	60
TABELA 6 - BALANÇO DE MASSA – EMPRESA “B”	65
TABELA 7 - INVESTIMENTO INICIAL – EMPRESA “B”	65
TABELA 8 - AVALIAÇÃO ECONÔMICA – EMPRESA “B”	66
TABELA 9 - CÁLCULO DE RETORNO DE INVESTIMENTO – EMPRESA “B”	67
TABELA 10 - AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL – EMPRESA “B”	68
TABELA 11 - BALANÇO DE MASSA – EMPRESA “C”	73
TABELA 12 - INVESTIMENTO INICIAL – EMPRESA “C”	73
TABELA 13 - AVALIAÇÃO ECONÔMICA – EMPRESA “C”	74
TABELA 14 - CÁLCULO DE RETORNO DE INVESTIMENTO – EMPRESA “C”	75
TABELA 15 - AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL – EMPRESA “C”	76
TABELA 16 – BALANÇO DE MASSA – EMPRESA “D”	81
TABELA 17 – AVALIAÇÃO ECONÔMICA – EMPRESA “D”	81
TABELA 18 - AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL – EMPRESA “D”	83

SUMÁRIO

RESUMO	VI
ABSTRACT.....	VII
LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE QUADROS	IX
LISTA DE TABELAS.....	IX
1. INTRODUÇÃO	13
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA.....	16
1.2 PERGUNTA DE PESQUISA.....	18
1.3 OBJETIVO GERAL.....	18
1.3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
1.4 DELIMITAÇÕES DO ESTUDO.....	19
1.5 JUSTIFICATIVAS.....	21
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	22
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E BIBLIOMÉTRICA SOBRE ADOÇÃO DE PRÁTICAS AMBIENTAIS NO SETOR DE FUNDIÇÃO.....	23
2.1 CONCEITOS PRINCIPAIS.....	23
2.1.1 PRÁTICAS AMBIENTAIS	23
2.1.2 PRÁTICAS AMBIENTAIS E A INDÚSTRIA DE FUNDIÇÃO	24
2.1.3 PRODUÇÃO MAIS LIMPA.....	25
2.2 REVISÃO BIBLIOMÉTRICA	27
2.2.1 EVOLUÇÃO DAS PUBLICAÇÕES	28
2.2.2 PAÍSES PESQUISADOS.....	29
2.2.3 METODOLOGIAS DE PESQUISA UTILIZADAS PELOS AUTORES.....	31
2.3 REVISÃO SISTEMÁTICA	32
2.3.1 PRÁTICAS AMBIENTAIS NA INDÚSTRIA DE FUNDIÇÃO	32
2.3.2 PRODUÇÃO MAIS LIMPA NA INDÚSTRIA DE FUNDIÇÃO.....	34
2.3.3 AVALIAÇÃO AMBIENTAL.....	36
2.3.4 AVALIAÇÃO ECONÔMICA	37
3. METODOLOGIA DE PESQUISA.....	39
3.1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	40
3.1.1. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA E BIBLIOMÉTRICA.....	40
3.1.2 ABORDAGEM DA PESQUISA	42
3.1.3. TIPO DE PESQUISA	42

3.1.4	MÉTODO DA PESQUISA	43
3.2.	PLANEJAMENTO DOS CASOS	44
3.2.1.	MEIOS PARA COLETA E ANÁLISE DOS DADOS	44
3.2.2.	PROTOCOLO PARA COLETA DOS DADOS.....	47
3.2.3.	PROCEDIMENTO DE PESQUISA	47
3.3.	ENTREVISTA E INSTRUMENTOS DE PESQUISA	48
3.3.1.	TESTE PILOTO.....	48
3.3.2.	SELEÇÃO DA EMPRESA PARA APLICAÇÃO DO TESTE PILOTO.....	49
3.3.3.	ANÁLISE DO TESTE PILOTO	49
3.3.3.1.	COLETA DE DADOS	50
3.3.3.2.	ANÁLISE DOS DADOS	50
3.3.4.	ANÁLISE INTERCASOS E IDENTIFICAÇÃO DE CASUALIDADE	51
4.	PESQUISA DE CAMPO	52
4.1.	EMPRESA A	52
4.1.1.	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA E AVALIAÇÃO AMBIENTAL E ECONÔMICA – EMPRESA A	54
4.2.	EMPRESA B	60
4.2.1.	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA E AVALIAÇÃO AMBIENTAL E ECONÔMICA – EMPRESA B	62
4.3.	EMPRESA C.....	68
4.3.1.	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA E AVALIAÇÃO AMBIENTAL E ECONÔMICA – EMPRESA C	70
4.4.	EMPRESA D.....	76
4.4.1.	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA E AVALIAÇÃO AMBIENTAL E ECONÔMICA – EMPRESA D	78
4.5.	AVLIAÇÃO INTERCASOS E IDENTIFICAÇÃO DE CASUALIDADE	83
5.	CONCLUSÕES	89
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92

1. INTRODUÇÃO

O tema que tem recebido grande atenção mundialmente é a eco eficiência empresarial, devido a grandes danos à natureza e a necessidade de redução na utilização dos recursos naturais. Atualmente pesquisadores discutem a importância de atitudes e comportamentos ambientalmente eficientes. Movidos sobretudo por imposição legislativa, pela conscientização ou mesmo pela exigência do atual cenário de concorrência forte, as empresas estão adotando práticas ambientais (RIBEIRO; DOS SANTOS, 2013). Dessa forma, às questões ambientais ganharam maior destaque e espera-se que a indústria manufatureira mundial adote iniciativas para serem ambientalmente eficientes.

Práticas ambientais ganharam popularidade entre as empresas, na esperança de mitigar os danos ambientais melhorando o desempenho operacional (CRONIN *et al.*, 2010). Estudos anteriores mostram que pressões de classes variadas e conscientização ambiental dos clientes forçam as empresas a aliviar seus impactos ambientais negativos (KASSINIS; VAFEAS, 2006), que é força motivadora para adoção de práticas ambientais (ELTAYEB; ZAILANI; JAYARAMAN, 2004).

Com o crescimento das diversas atividades econômicas os problemas ambientais se agravaram. A busca por uma produção mais eficiente trouxe benefícios do ponto de vista econômico e social, porém promoveu degradação nos ecossistemas provocada tanto pelo crescimento econômico como pelas questões associadas ao aumento populacional. Assim, as questões ambientais que antes não eram fator de preocupação, passaram a ter importância cada vez maior (LEITE, 2014).

A sociedade também está mais preocupada com o impacto de suas ações junto ao meio ambiente. Como consequência, o interesse dos clientes, junto aos processos das empresas está crescendo, e o desafio do desempenho ambiental das organizações não se limita mais aos muros da empresa (NAWROCKA; BRORSON; LIDHQVIST, 2009). Assim, busca-se no meio

industrial uma forma de gerenciar as práticas ambientais que tragam resultados positivos ao ecossistema.

Os problemas ambientais são frequentemente mencionados quando um processo produtivo é analisado ou no desenvolvimento de um novo produto. Isso mostra a preocupação com o descarte de resíduos e emissões gerados e lançados no meio ambiente, além da utilização indiscriminada dos recursos naturais. Espera-se então, que a indústria de manufatura em geral, implemente ações para serem mais ambientalmente eficazes (LEITE, 2014).

Nos últimos anos, tem havido um crescente movimento mundial entre os Governos e as entidades, para implementação de práticas que mude a forma como a indústria interage com o meio ambiente. Porém, os fatores coercitivos externos ainda não indicam uma influência significativa (SUK; LIU; SUDO, 2013).

Práticas ambientais são atribuídas principalmente a fatores internos tais como estratégia de negócios e motivações para ganho de eficiência energética, o que tornam as motivações independentes (LIU; YAMAMOTO; SUK, 2014).

O estudo de Jezierski e Janerka (2013), afirmam que, o principal motivo para que as fundições não implementem práticas ambientais, é o fato de que as ferramentas ambientais não são bem compreendidas.

Desequilíbrios ambientais têm sido causados ao longo das últimas décadas em função do crescimento populacional e também do próprio crescimento econômico. Com isso o equilíbrio do planeta tem sido afetado, gerando dúvidas sobre a sustentabilidade em um futuro próximo (ODUM, 1998; BURGHILA *et al.*, 2015).

No Brasil o processo de fundição mais utilizado é o processo que utiliza molde em areia verde, dada a simplicidade tecnológica, baixo custo e facilidade na aquisição da areia. Como desvantagens pode-se citar no processo, a possibilidade de erosão do molde em peças de tamanho grande, e principalmente a grande quantidade de areia residual a ser descartada no meio ambiente (BNDES, 2011).

Dentro desse contexto, as fundições começaram a empregar ferramentas de controle de poluição para tornar suas atividades ambientalmente mais eficazes (NETO *et al.*, 2008). Assim, práticas ambientais ganharam popularidade junto aos fabricantes objetivando mitigar o impacto ambiental e fortalecendo o desempenho (CRONIN *et al.*, 2010).

Além de gerar resíduos líquidos, sólidos e gasosos a indústria em geral, utiliza indiscriminadamente os recursos naturais na forma de matéria prima. A indústria de fundição não é diferente, pois mesmo sendo uma atividade que reutiliza boa parte de seus insumos, ainda assim, gera muito resíduo para descarte (EXTEBERRIA *et al.*, 2010).

Dentro desse contexto, a administração de produção desafia-se objetivando a redução da utilização indiscriminada de matéria prima, ao mesmo tempo reduz o resíduo a ser descartado, pois simplesmente tratar ou destinar os resíduos, já não é suficiente para o atendimento as necessidades ambientais (LEITE, 2014).

Os processos de fundição, geralmente envolvem o derretimento e derramamento de metais em cavidades chamadas moldes, que comumente são confeccionados por meio da areia industrial de fundição (KRISHNARAJ, 2015). Os metais derretidos e adicionados aos moldes, após o processo de solidificação tornam-se peças ou produtos, exercendo o formato dos respectivos moldes. No entanto, há de se destacar a geração de resíduos sólidos, principalmente os detritos de areia residual de fundição (WANG *et al.*, 2007).

A indústria de fundição gera uma enorme quantidade de areia de fundição a ser descartada, tornou-se um imperativo econômico e ambiental, uma vez que é considerado um resíduo perigoso (YAZOGHLI-MARZOUK, 2014).

No que concerne às questões legislativas, destaca-se no Brasil a Lei 12.305, implementada em 02 de agosto de 2010 – Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). A mesma preconiza a obrigação da correta destinação dos resíduos sólidos gerados, por meio da responsabilidade

compartilhada entre os integrantes envolvidos na cadeia produtiva. Essa legislação visa a melhoria do desenvolvimento ambiental e econômico (BRASIL, 2010).

Neste contexto práticas de Produção Mais Limpa podem ser aplicadas pelas empresas sem restrições, trazendo benefícios econômicos por meio da redução de custos operacionais e diminuição dos impactos ambientais, otimizando o uso de recurso natural e reduzindo o desperdício (LOPES SILVA *et al.*, 2013).

A expressão Produção Mais Limpa foi proposta na década de 1990 pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e Organização pelo Desenvolvimento Industrial das Nações Unidas (UNIDO). A Produção Mais Limpa consiste na aplicação de uma estratégia ambiental integrada e preventiva aos processos, produtos e serviços, com a finalidade de aumentar a eficiência no uso de matéria prima, água e energia por meio da não geração, minimização ou reciclagem dos resíduos gerados.

Pode-se entender então, que Produção Mais Limpa tem por finalidade aprimorar a eficiência dos processos, produtos e serviços, demonstrando ser um caminho favorável para as empresas atuarem na prevenção dos impactos ambientais por elas gerados, caminhando assim, na busca da eficiência operacional.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

A indústria de fundição é pressionada para adotar em seus processos práticas ambientalmente mais eficientes, porém esse tema deve ser desmistificado, pois predomina ainda no setor, a crença de que práticas ambientais acarretam em aumento de custos e perda de competitividade (LEITE, 2014).

Neste trabalho são identificadas as causas da geração de diferentes resíduos produzidos em fundições, tomando como base uma fundição gaúcha de pequeno porte, que não possui um gerenciamento de resíduos estabelecido. Apresentam-se sugestões de melhorias, baseadas em boas práticas operacionais, minimização de resíduos entre outras (MORAES *et al.*, 2007).

Com base nos trabalhos avaliados e destacados na revisão bibliométrica, constatou-se que a ferramenta Análise de Ciclo de Vida (ACV) pode ser utilizada para avaliação de impacto ambiental em fundições ligados a saúde humana, qualidade do ecossistema e consumo de recursos naturais (MITTERPACH *et al.*, 2017). Da mesma forma, Ylmaz *et al.*, (2015) observaram em seu estudo com fundições americanas que a utilização de ACV auxilia na identificação de impacto ambiental, além de direcionar a implantação gradual de práticas de Produção Mais Limpa.

Tendo em vista a necessidade de se conhecer e gerenciar os resíduos sólidos industriais de forma qualitativa e quantitativa por meio diagnóstico ambiental, a elaboração de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Industriais se faz necessário para que se desenvolva ferramentas para prevenção de impactos ambientais. Este ambiente favorável propicia para ações mais complexas visando à eficiência do processo, como por exemplo, práticas de Produção Mais Limpa (MORAES *et al.*, 2013).

Segundo Madanhire e Mbohwa (2016), *Design* para o Meio Ambiente (DMA) pode ser administrado de forma abrangente e, consistente na indústria de fundição. Verificou-se que existe uma intersecção onde três áreas precisam coexistir: Sistema de gestão ambiental, *Design* de processos e o Desenvolvimento integrado de produtos.

Baseado nas práticas de Produção Mais Limpa este trabalho avaliou o processo de fabricação de peças fundidas com vistas a minimização da geração do resíduo sólido, indicando a possibilidade da utilização da areia de fundição, bem como alguns aspectos ambientais, técnicos e econômicos que interessam na escolha das melhores oportunidades a serem implementadas (MACIEL *et al.*, 2009).

1.2. PERGUNTA DE PESQUISA

Diante da ausência de trabalhos recentes, que avaliem os ganhos econômicos e ambientais na indústria de fundição observados na revisão bibliométrica, segue a pergunta de pesquisa: Como a adoção de práticas de Produção Mais Limpa na indústria de fundição influencia nos ganhos econômicos e ambientais?

1.3. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral dessa pesquisa é realizar avaliação econômica e ambiental na adoção de práticas de Produção Mais Limpa na indústria de fundição.

1.3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Realizar revisão bibliométrica e sistemática sobre a adoção de práticas de Produção Mais Limpa na indústria de fundição para a identificação das práticas ambientais implantadas, focando na avaliação econômica e ambiental;
- b. Realizar avaliação intra caso para identificação das práticas ambientais adotadas, e desenvolver análise econômica e ambiental de cada empresa estudada;
- c. Realizar avaliação inter casos para comparação dos resultados entre todos os casos estudados.

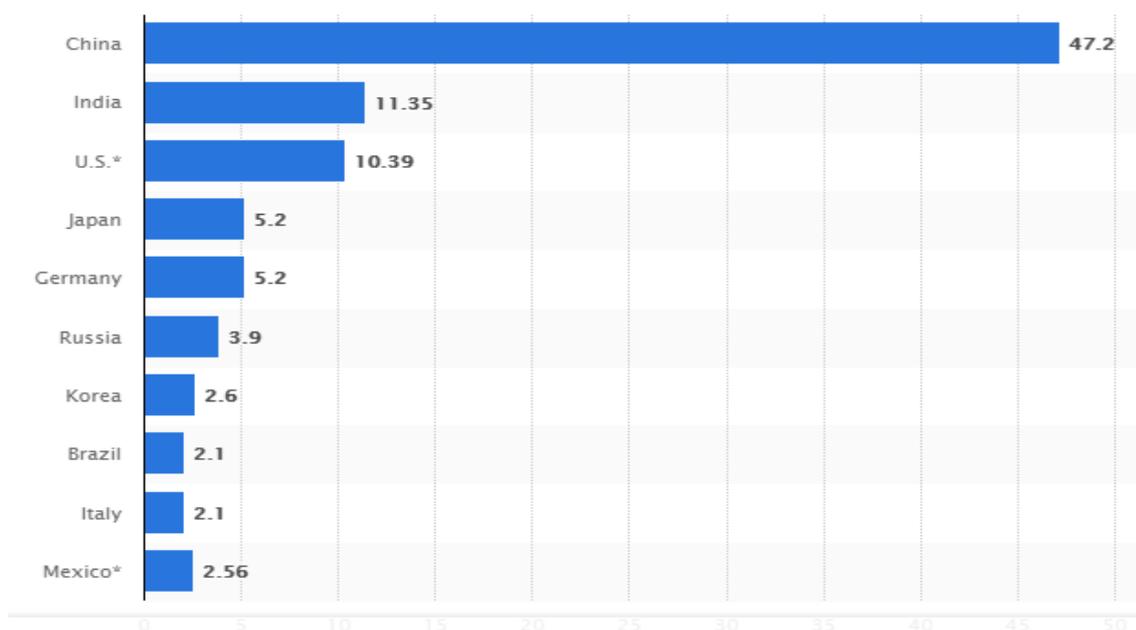
1.4. DELIMITAÇÕES DO ESTUDO

A indústria de fundição, ao mesmo tempo em que contribui para a sociedade atendendo a demanda da reciclagem de sucata metálica, gera um alto impacto ambiental negativo, isso se deve a uma série de resíduos potencialmente contaminantes (MORAES *et al.*, 2013).

A indústria de fundição exerce o importante papel na economia de países desenvolvidos e em desenvolvimento, no mundo inteiro. Os produtos produzidos por esse setor são utilizados em diversas áreas da economia. No entanto, existem questões ambientais associadas à indústria de fundição, como por exemplo, a emissão de gases poluentes e nocivos, além da geração de uma grande quantidade de resíduos sólidos (PRASAD; KHANDUJA; SHARMA, 2016).

A produção global de fundidos é de 90 milhões de toneladas conforme mostra a Figura 1. Até a eclosão da crise financeira internacional, no fim de 2008, a indústria de fundição vinha mostrando crescimento consistente, de 4,5% ao ano, desde 2000 (BNDES, 2011).

Figura 1: Produção Global de Fundidos

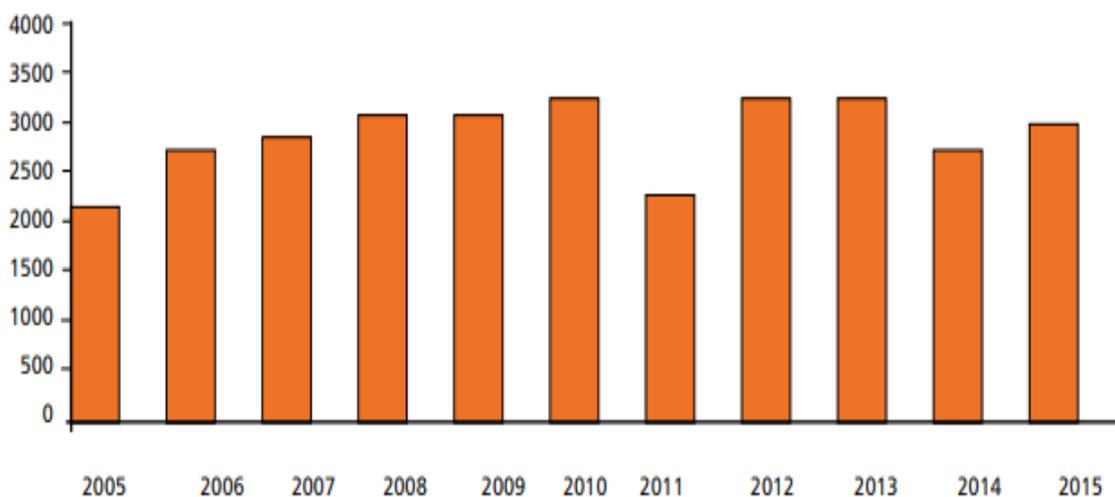


Fonte: Modern Casting 2016

As empresas da indústria de fundição têm porte similar no mundo inteiro. Nos Estados Unidos cerca de 80% das fundições têm menos de 100 colaboradores. Segundo a Associação Brasileira de Fundição (ABIFA) aproximadamente 90% das indústrias de fundições brasileiras são compostas por micro, pequenas e médias empresas. Sendo 97% dessas empresas de capital nacional, classificação essa que está inserida esta pesquisa.

A produção brasileira de fundidos é de dois milhões de toneladas anuais, conforme mostra a Figura 2, o que coloca o Brasil na oitava posição do ranking entre os maiores produtores globais. O estado de São Paulo é o maior produtor de fundidos, respondendo por 36% do mercado nacional. De maneira isolada, a indústria de fundição responde por 3% do PIB industrial brasileiro, faturando 6 bilhões de dólares no ano gerando aproximadamente 60 mil empregos diretos (ABIFA, 2016).

Figura 2: Produção anual brasileira de fundidos



Fonte: ABIFA 2016.

Conforme Silva e Chegatt (2007), na plena capacidade de produção das fundições no Brasil, são descartadas dois milhões de toneladas/ano de areia, requerendo igual quantidade de areia nova.

1.5. JUSTIFICATIVA

Desde o ano de 2007 a produção de fundidos no mundo está acima dos 90 milhões de toneladas anuais, sendo seu pico exatamente em 2007 quando a produção atingiu 95 milhões de toneladas. Sendo o Brasil juntamente com Taiwan o país que mais teve aumento na produção de fundidos com 42% nesse mesmo período (HOLTZER; DANKO; ZYMANKOWSKA-KUMON, 2012).

Este estudo foi desenvolvido em fundições de ligas ferrosas em razão deste, representar 90% do que é fundido, mas em especial, pelos impactos ambientais causados em razão do consumo de matérias e descartes de resíduos e emissões gerados em seus processos de produção, assunto ainda pouco estudado de acordo com a revisão deste estudo (BNDES, 2011).

Fatores relacionados à redução de custos e à preservação do meio ambiente tornaram-se pontos estratégicos para o futuro das empresas, e mesmo com as vendas em baixa o setor de fundição continua sendo uma importante área para a economia brasileira, de modo que adotar práticas ambientais possa-se agregar valor, diminuir custos e tornar as empresas do setor, mais eficientes (VAZ; FAGUNDES; OLIVEIRA, 2009).

A preocupação com o passivo ambiental está alavancando o surgimento de um novo paradigma para a gestão de negócios: Uso indiscriminado dos recursos naturais, descarte inadequado de resíduos, poluição, dentre outros temas tomam conta do cotidiano de diferentes organizações (BURGHILA *et al.*, 2015).

Este interesse por parte dos setores industriais não se dá apenas por questões sociais, mas também, a adição de conceitos ambientais nas suas atividades torna-se estratégica para a sobrevivência da organização (MORAES *et al.*, 2007).

Adoção de práticas ambientais traz oportunidades econômicas e vantagem competitiva. Os gestores devem se atentar que práticas ambientais melhoram o desempenho operacional, financeiro e ambiental em médio prazo (ZHANG; YANG, 2016).

É importante ressaltar que este trabalho trará benefícios para a indústria de fundição, no sentido de que o estudo foca na análise econômica e ambiental da adoção de práticas de Produção Mais Limpa neste importante setor.

1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho foi estruturado em 5 capítulos, da seguinte forma:

- Capítulo 1 – Introdução, objetivos, formulação do problema, delimitações do estudo, justificativas e contribuições e estrutura do trabalho;
- Capítulo 2 – Revisão da Literatura, envolvendo as revisões bibliográficas e bibliométricas, apresentando estudos publicados sobre o tema na procura de lacunas de pesquisa;
- Capítulo 3 – Caráter metodológico, esclarecendo as questões técnicas da pesquisa e detalhamento da estrutura do trabalho;
- Capítulo 4 Estudo de campo, com aplicação de questionário semi estruturado e observação;
- Capítulo 5 – Conclusões, considerações finais e sugestões para trabalhos futuros contribuindo para a implantação de práticas de Produção Mais Limpa na indústria de fundição.

2. REVISÃO BIBLIOMÉTRICA E SISTEMÁTICA SOBRE ADOÇÃO DE PRÁTICAS AMBIENTAIS NO SETOR DE FUNDIÇÃO

Este capítulo apresenta uma revisão bibliométrica e os resultados obtidos por meio da revisão sistemática sobre práticas ambientais, práticas ambientais no setor de fundição e Produção Mais Limpa.

2.1. CONCEITOS PRINCIPAIS

Nesta seção busca-se esclarecer alguns aspectos sobre práticas ambientais, práticas ambientais e a Indústria de fundição e Produção Mais Limpa.

2.1.1 PRÁTICAS AMBIENTAIS

Nesta seção é realizada uma revisão da literatura acerca das questões que envolvem as práticas ambientais.

Em relação às ações de práticas ambientais, a literatura existente oferece diversas definições. Manaktola e Jauhari (2007) definem práticas Ambientais como um conjunto de ações sólidas que minimizam os impactos ambientais. Mohindra (2008) afirma que ações de práticas ambientais abrangem três Rs: Reduzir, Reutilizar e Reciclar. Embora as opiniões variem, a essência de práticas ambientais permanece a mesma. Refere-se a práticas que as empresas podem empregar para reduzir os efeitos ambientais adversos de seus produtos e operações.

Conforme Giannetti e Almeida (2006), toda ação industrial que envolva aspectos financeiros e ambientais, que busque a eliminação de desperdícios de matéria-prima, de energia, além da redução na geração de resíduos, pode como consequência, estender a produtividade agregando benefícios econômicos podem ser definidos como prática ambiental.

Práticas ambientais elevam a conscientização ambiental melhorando a qualidade de vida dentro e fora da empresa, melhoram a imagem pública da empresa e conseqüentemente, levam a proteção ambiental (SANTOS; MENDES; BARBOSA, 2011).

Práticas ambientais são ações que objetivam a redução de impactos no meio ambiente melhorando o desempenho financeiro (MIROSHNYCHENKO; BARONTINI; TESTA, 2017).

2.1.2 PRÁTICAS AMBIENTAIS E A INDÚSTRIA DE FUNDIÇÃO

No ambiente imensamente competitivo de hoje, o papel da indústria de fundição é vital para o desenvolvimento da economia de muitos países. Os produtos fabricados por esse importante setor são utilizados em diversas outras áreas (PRASAD; KHANDUJA; SHARMA, 2016).

Referente às questões legislativas, destaca-se no Brasil a Lei 12.305, implementada em 02 de agosto de 2010 – Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). A qual regulamenta a obrigação da correta destinação dos resíduos sólidos gerados, por meio da responsabilidade compartilhada entre todos os envolvidos na cadeia produtiva (BRASIL, 2010).

Nos últimos anos, regulamentações forçaram a indústria em geral, desenvolverem técnicas concretas em direção a práticas sustentáveis (PRASAD; KHANDUJA; SHARMA, 2018). O setor de fundição, que é uma importante área da indústria metalúrgica, continua sendo uma das maiores

geradoras de resíduos, portanto este estudo concentrou-se nas práticas ambientais aplicadas a este setor.

A indústria de fundição gera milhões de toneladas de resíduos em todo mundo, dos quais 70% consiste em areia de fundição (JI; WAN; FAN, 2001). A areia residual proveniente dos processos de fundições é identificada como um dos problemas mais importantes da indústria relacionada a este segmento (MAGNANI *et al.*, 2015).

2.1.3 PRODUÇÃO MAIS LIMPA

Produção Mais Limpa é um meio importante para reduzir sistematicamente os resíduos. Para sua implantação é essencial garantir a eficácia dos fatores que podem influenciar nos processos, como a identificação de critérios de decisão e uma metodologia eficaz capaz de gerenciar projetos, e adotar estratégias para alcançar os resultados esperados (DE GUIMARAES; SEVERO; DE VASCONCELOS; 2018).

Produção Mais Limpa é a aplicação de contínua de uma estratégia ambiental preventiva integrada aos processos e produtos, com o objetivo de reduzir os riscos para os seres humanos e ao meio ambiente. Para o processo de produção, a Produção Mais Limpa inclui a conservação de matéria prima e energia, a eliminação de produtos tóxicos e a redução da quantidade de emissões e resíduos antes do descarte dos mesmos. Para o produto, a estratégia se concentra na redução do impacto ambiental em todo o ciclo de vida do produto, desde a extração da matéria prima até o descarte final do produto. A Produção Mais Limpa é resultado da aplicação de *Know How*, melhoria da tecnologia e mudança de atitude (UNEP, 1992).

Métodos de Produção Mais Limpa e práticas de gestão ambiental são ferramentas que buscam a eficiência do processo de produção, reduzem a utilização de insumos e geração de resíduos (SEVERO; DE GUIMARAES; VIEIRA, 2017).

O objetivo principal da Produção Mais Limpa é, em sua essência simples e direta, minimizar ou eliminar os desperdícios diretamente na sua fonte, para não ter que tratá-los posteriormente, portanto é uma ferramenta que age na causa raiz da geração de resíduos (VAN BERKEL, 2006).

A Produção Mais Limpa trata de um conceito de melhoria contínua que tem como objetivo tornar o processo produtivo cada vez menos agressivo tanto ao homem quanto ao meio ambiente e cada ação que é tomada para reduzir o uso de matérias primas e energia, ou prevenir e minimizar a geração de resíduos aumenta a produtividade e traz benefícios econômicos também (GIANNETTI; ALMEIDA, 2006).

A Produção Mais Limpa tem como objetivo, melhorar a eficiência, tornar as empresas mais lucrativas e competitivas, sendo que ao mesmo tempo busca a proteção do ambiente, do consumidor e do trabalhador (UNEP, 1995; GIANNETTI; ALMEIDA, 2006).

A implantação da Produção Mais Limpa em um sistema produtivo qualquer, tem como seu resultado uma redução de resíduos, emissões e obviamente custos. Toda ação que resulte em redução do uso dos recursos naturais e consumo de energia, bem como prevenção e redução da geração dos resíduos, pode aumentar o índice de produtividade, resultando em ganhos financeiros associados para a empresa (GIANNETTI; ALMEIDA, 2006).

A implantação de um programa de Produção Mais Limpa necessita de monitoramento por meio de indicadores ambientais e de processo, podendo apresentar bons resultados relacionados ao uso eco eficiente dos recursos, que por sua vez traz completo entendimento ao sistema de gerenciamento da empresa (OLIVEIRA NETO *et al.*, 2009).

As vantagens econômicas da Produção Mais Limpa tornam-se mais evidentes em longo prazo, uma vez que geralmente no início do projeto existem investimentos na adoção de novas tecnologias, além de modificações de processos existentes (OLIVEIRA NETO *et al.*, 2009). Incluem-se nestas vantagens o aumento da eficiência do processo, gerando, por conseguinte, a redução permanente dos custos totais por meio do uso eficiente de matérias

primas, água e energia, redução de resíduos e também por meio de boas práticas operacionais (OLIVEIRA NETO *et al.*, 2009).

Geralmente há falta de continuidade na implementação da Produção Mais Limpa. As empresas enfrentam vários desafios que inibem a adoção das práticas, como por exemplo, falta de conhecimento tecnológico, e assim com o passar do tempo, as empresas começam a enxergar com ceticismo, havendo a necessidade de uma abordagem deliberada e sistemática para a promoção do conceito (FORE; MBOHWA, 2010).

Segundo Oliveira (2016), dentro de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) da ISO 14000 destaca-se como uma das principais estratégias utilizadas, a ferramenta corporativa Produção Mais Limpa. Ainda o autor afirma que Produção Mais Limpa é uma estratégia ambiental pró ativa, que traz resultados notavelmente positivo na gestão ambiental.

2.2. REVISÃO BIBLIOMÉTRICA

A seguir, é apresentado o resultado obtido com a realização da pesquisa bibliométrica nas bases de dados *Science Direct*, *Wiley Online Library*, *ProQuest*, *Emeraldi*, *Compendex*, *Scopus* e *Capes*.

O estudo bibliométrico agrupa informações relevantes sobre determinado assunto em publicações dentro das bases de conhecimento científico que circulam por meio da informatização (SANTOS; KOBASHI, 2009).

Para a pesquisa foram utilizadas as seguintes palavras-chave:

Quadro 1: Palavras-chave

<p>"Práticas Ambientais""Fundição""Avaliação Econômica""Avaliação Ambiental"</p> <p>"Produção Mais Limpa""Fundição""Avaliação Econômica""Avaliação Ambiental"</p> <p>"Environmental Practices""Foundry""Economic Evaluation""Environmental Evaluation"</p> <p>"Cleaner Production""Foundry""Economic Evaluation""Environmental Evaluation"</p>
--

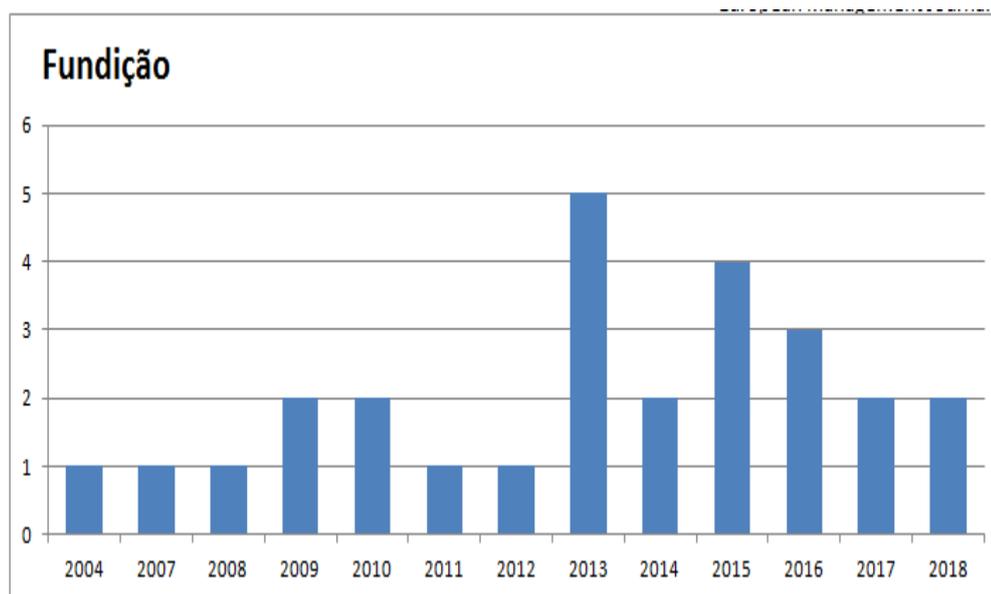
Fonte: Autor

A pesquisa foi realizada em literatura especializada, publicada nas bases já citadas até dezembro de 2018. Como resultado, foram encontrados 967, 57 artigos tratavam de práticas ambientais no setor metalúrgico, dos quais, 27 foram identificados como relevantes para o tema proposto, pois tratavam de práticas ambientais no setor de fundição e práticas de Produção Mais Limpa no mesmo setor.

2.2.1. EVOLUÇÃO DAS PUBLICAÇÕES

Conforme apresentado na Figura 3, foram constatados 27 artigos referentes às práticas ambientais no setor de fundição sendo desses, 5 artigos abordando a Produção Mais Limpa. Percebe-se um expressivo aumento nas publicações sobre práticas ambientais em 2013, talvez motivada pela Conferência da Organização das Nações Unidas (ONU) ocorrida no Brasil em 2012, onde o foco era o desenvolvimento sustentável. Mas por outro lado, percebe-se uma redução de publicações a partir de 2014, que pode ser justificada pela crise político financeira em que o mundo se encontra desde então.

Figura 3: Evolução de Publicações sobre Práticas Ambientais



Fonte: Autor

A preocupação em relação ao assunto se deve a vários motivos, entre os quais pode-se citar a crescente escassez de recursos naturais para a produção de matérias primas e os resíduos gerados nos processos produtivos das indústrias, que no ato do seu descarte nem sempre são destinados de maneira correta, causando contaminações e gerando sérios problemas ambientais.

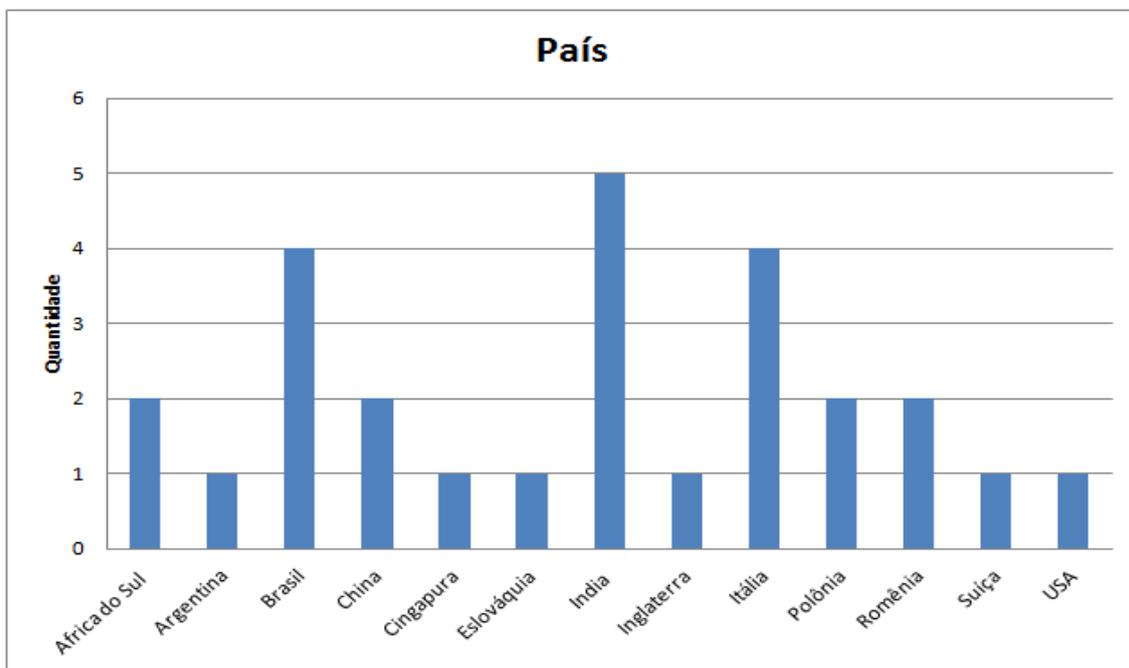
Outros fatores contribuem com a preocupação sobre o tema, como o aumento das exigências nas regulamentações ambientais e nas pressões exercidas sobre a indústria de fundição para que elas implementem práticas ambientais em seus processos de fabricação.

2.2.2. PAÍSES PESQUISADOS

Entre os países que publicaram sobre o tema, é possível notar na Figura 4, um número mais elevado de artigos oriundos da Índia, 5 publicações seguido

de Brasil e Itália, com 4 artigos cada, o que demonstra pouca preocupação com os problemas ambientais gerados pelas fundições em todo o mundo.

Figura 4: Local e número de publicações



Fonte: Autor

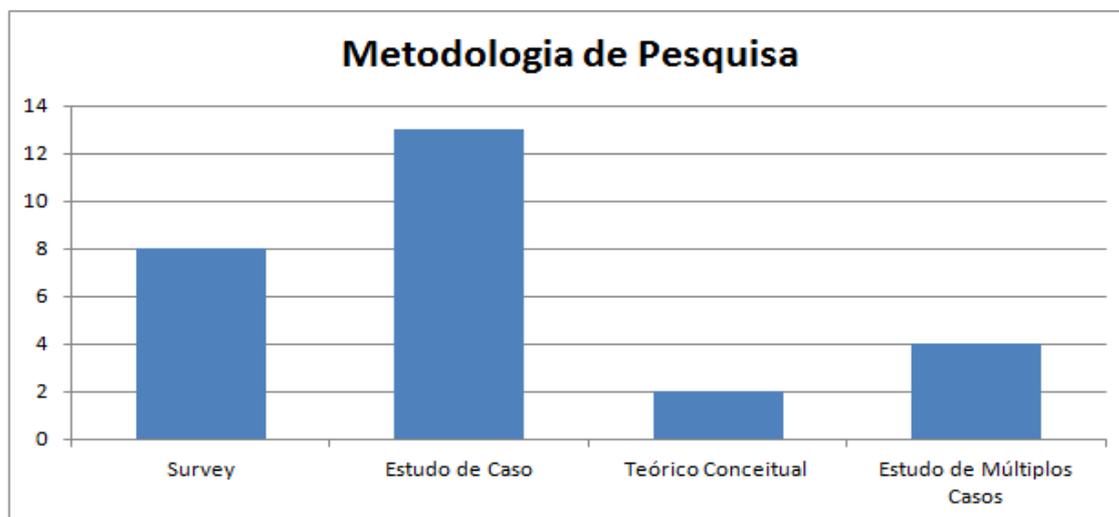
Segundo Madanhire e Mbowe (2016), a adoção de práticas ambientais atua na redução do impacto ambiental, redução nos custos operacionais, conservação dos recursos naturais, conservação da biodiversidade e redução nos custos com desperdícios. Prasad, Khanduja e Sharma (2018), afirmam que implementação de práticas ambientais melhora o desempenho ambiental e operacional.

2.2.3. METODOLOGIA DE PESQUISA UTILIZADAS PELOS AUTORES

As metodologias de pesquisa utilizadas pelos autores, conforme apresentado na Figura 5, demonstra a necessidade de se efetuar uma análise comparativa de resultados para ter uma visão mais ampla e segura da adoção de práticas de ambientais no setor de fundição.

A maior parte (13 de 27 artigos) dos autores utilizou a metodologia de Estudo de Caso, nos seus trabalhos o que demonstra uma necessidade de análise mais abrangente em razão das dificuldades e necessidades específicas de cada empresa, tornando possível estabelecer uma forma de avaliação mais ampla e abordando aspectos que se diferenciam de empresa para empresa como produto, processo, cultura da empresa entre outros. Este resultado se deve talvez, ao fato do pesquisador encontrar dificuldades em acessar as empresas de fundição.

Figura 5: Metodologia de Pesquisa



Fonte: Autor

Avaliou-se a necessidade de avaliação mais abrangente para que tenhamos resultados no âmbito coletivo.

2.3. REVISÃO SISTEMÁTICA

Este capítulo apresenta uma revisão sistemática sobre práticas ambientais na indústria de fundição e Produção Mais Limpa, com o objetivo de prover elementos teóricos para colaborar com a identificação da lacuna de pesquisa.

2.3.1. PRÁTICAS AMBIENTAIS E A INDÚSTRIA DE FUNDIÇÃO

Para Moraes *et al.*, (2013) ferramentas de prevenção de impactos ambientais como Produção Mais Limpa ou Reciclagem baseadas em diagnóstico ambiental, denominado como Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) podem dar início à migração de ações mais complexas visando à elevação da eficiência do processo. Moraes *et al.*, (2013) afirmam que um programa de gerenciamento de resíduos sólidos industriais para a indústria de fundição, facilita a identificação de todas as entradas e saídas (*inputs e outputs*), permitindo que a empresa identifique as áreas que mais demandam de atenção na questão ambiental.

Segundo Mitterpach *et al.*, (2017) a Análise de Ciclo de Vida (ACV) no setor de fundição pode minimizar a utilização de matéria prima e outros materiais de consumo de energia reduzindo o impacto ambiental negativo. Os autores afirmam ainda, que Análise de Ciclo de Vida (ACV) é muito importante para a identificação dos resíduos e para identificação de resíduos que podem ser recicláveis.

Design para o meio ambiente (DMA) pode orientar a interação entre três importantes áreas da indústria de fundição: Gestão Ambiental, Gerenciamento Ambiental e Desenvolvimento do Produto. Essa interação é um importante passo para a indústria de fundição no tocante a preservação do meio ambiente

e na redução de custos, portanto, criar mais lucros (MADANHIRE; MBOHWA, 2016).

Segundo Luo *et al.*, (2014), a reutilização de areia de fundição pode reduzir o consumo de energia e geração de resíduos sólidos, mas também, pode fornecer matéria prima para construção de “materiais verdes”.

Práticas ambientais além de agregar valor ao produto eliminando desperdícios nas fundições por meio de ações que melhoram a eficiência na utilização de máquinas e melhoria de processos, otimiza a utilização de recursos naturais reduzindo os resíduos (PRASAD; KHANDUJA; SHARMA, 2016).

Quadro 2: Práticas Citadas pelos Autores

AUTOR	LOCAL	PRÁTICA CITADA NO ARTIGO
Mitterpach <i>et al.</i> , (2017)	Eslováquia	Análise de Ciclo de Vida
Moraes <i>et al.</i> , (2013)	Brasil	Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
Maciel <i>et al.</i> , (2009)	Brasil	
Madanhire e Mbohwa (2016)	África do Sul	<i>Design</i> para o Meio Ambiente
Kiss (2012)	Romenia	Reúso de areia de fundição
Yang (2010)	China	
Yilmaz (2015)	USA	
Yazoghli-Marzouk <i>et al.</i> , (2014)	França	
Lin Luo <i>et al.</i> , (2014)	China	
Prasad <i>et al.</i> , (2016)	Índia	<i>Lean Green</i>
Jeziarski e Janerka (2013)	Polônia	

Fonte: Autor

Os resultados observados por Yazoghli-Marzouk (2014), mostraram que o gerenciamento da grande quantidade de areia produzida pela indústria de fundição, tornou-se um processo inevitável devido aos passivos pertinentes a critérios ambientais, econômicos e sociais. O autor destaca ainda, no que diz

respeito à areia de fundição industrial, a existência de grande potencial de reciclagem e utilização da mesma para a fabricação subprodutos.

Técnicas de recuperação no local e reutilização externa de resíduos de areia de fundição são capazes de diminuir o impacto ambiental gerados na indústria de fundição, assim como ganho em redução de custos e aumento nos lucros (YILMAZ; ANCTIL; KARANFIL, 2015). Yang *et al.*, (2010) que estudaram as indústrias Chinesas e de Taiwan, afirma que reutilização e regeneração de areia de fundição, e também reciclagem de sucata de ferro, podem ser fatores de competitividade e desempenho na indústria de fundição.

Kiss (2012), afirma que processos de reutilização de areia com ligação não orgânicos (Bentonita) podem substituir a utilização de areia nova e obter bons resultados.

2.3.2. PRODUÇÃO MAIS LIMPA NA INDÚSTRIA DE FUNDIÇÃO

A maioria dos processos atuais de fundição são baseados em práticas e tecnologias bem estabelecidas, porém antigas. Ao mesmo tempo, o desenvolvimento econômico, ambiental e social mudam em uma taxa sem precedentes. Neste contexto, desafios e oportunidades aparecem (PAGONE *et al.*, 2018).

Moraes *et al.*, (2013), afirmam que um programa de gerenciamento de resíduos sólidos industriais para a indústria de fundição, facilita a identificação de todas as entradas e saídas (*inputs e outputs*), permitindo que a empresa identifique as áreas que mais demandam de atenção na questão ambiental. Afirma ainda que a partir da capacitação ambiental os colaboradores passaram a contribuir positivamente nas práticas de Produção Mais Limpa adotadas nos processos produtivos.

Adoção de práticas de Produção Mais Limpa trazem diversos benefícios em fundições. Por meio da avaliação econômica e ambiental mostram que

técnicas de recuperação e reutilização de areia residual no local diminuem em média 60% do impacto ambiental além de, reduzir alguns encargos financeiros (YLMAZ; ANCTIL; KARANFIL, 2015).

Adoção de práticas de Produção Mais Limpa na indústria de fundição leva a uma mudança de paradigma na questão do gerenciamento ambiental. A utilização de práticas de Produção Mais Limpa permite que oportunidades de diversos níveis de complexidade sejam identificadas. Porém aspectos técnicos, ambientais e econômicos devem ser considerados para que as ações prioritárias sejam implementadas (MACIEL *et al.*, 2009).

Fore e Mbohwa (2010), identificaram que práticas de Produção Mais Limpa utilizadas como base de gerenciamento ambiental na indústria de fundição em países em desenvolvimento, reduzem os impactos gerados pela falta de políticas pública desses países.

Quadro 3: Artigos que estudaram Produção Mais Limpa no setor de fundição

AUTOR	LOCAL	TÍTULO
Maciel <i>et al.</i> , (2009)	Brasil	Minimização da geração de areia de fundição utilizando ferramentas do Programa de Produção Mais Limpa
Moraes <i>et al.</i> , (2007)	Brasil	Aplicação de ferramentas do Programa de Produção Mais Limpa na gestão de resíduos de uma fundição
Fore e Mbohwa (2009)	África do Sul	<i>Cleaner Production for environmental conscious manufacturing in the foundry industry</i>
Yilmaz; Anctil e Tanju (2015)	USA	<i>LCA as decision support tool for evaluation of best techniques (BATS) for Cleaner Production</i>
Mukherjee (2011)	India	<i>Barriers towards cleaner production for optimizing energy use and pollution control for foundry sector in Howrah, India</i>

Fonte: Autor

2.3.3. AVALIAÇÃO AMBIENTAL

Nos artigos encontrados foram constatadas apenas menções qualitativas em relação ao ganho ambiental. Os autores relatam ganhos referentes à redução de emissões e de descartes de resíduos, redução na utilização de insumos e matérias primas, porém são poucos os casos que quantificam os resultados apresentados.

Os ganhos ambientais da adoção de práticas de Produção Mais Limpa em fundições são resultados da criação de indicadores que quantificam a utilização de insumos, matérias primas e desperdícios (MORAES *et al.*, 2007).

A Produção Mais Limpa tem mostrado que excelentes benefícios ambientais podem ser alcançados pelas fundições com a sua aplicação, pois nota-se que tais práticas constituem a um novo conceito de gerenciamento ambiental baseado no princípio da prevenção da geração de poluentes (MACIEL *et al.*, 2009).

A prevenção à poluição é preferível à dependência do controle da poluição no “fim de tubo”. Produção Mais Limpa engloba processos de produção e procedimentos de gestão que implicam em menos uso de recursos naturais, gerando cada vez menos resíduos. Produção Mais Limpa foca no gerenciamento das relações humanas com o meio ambiente objetivando a eficiência operacional da planta. Hoje em dia, práticas de Produção Mais Limpa visa inclusão de todos os processos, desde a prancheta até a disposição final, ou reutilização dos produtos (PETROESC; MORARU, 2011).

Benefícios ambientais podem ser alcançados pelas empresas com a Produção Mais Limpa. Porém depende da disponibilidade dos fundos e regulamentações ambientais, além de que, os ganhos alcançados podem ser considerados como um instrumento alternativo para envolver as comunidades, consumidores e empresas (ZHANG; YANG; BI, 2013).

Entre as observações encontradas, está a afirmação de que práticas de Produção Mais Limpa como reutilização de areia de fundição, justificam sua

aplicação devido à redução na utilização de matéria prima e diminuição do impacto ambiental (YILMAZ; ANCTIL; KARANFIL, 2015).

Práticas de Produção Mais Limpa dentro de um sistema de gerenciamento ambiental são ações que buscam a eficiência do processo de produção, na utilização de insumos e geração de resíduos. Essas ferramentas podem contribuir significativamente para a inovação sustentável de produtos, devido ao uso racional dos recursos naturais e a minimização de resíduos gerados (SEVERO; DE GUIMARAES; DORION, 2017).

Empresas podem obter vantagem competitiva com a adoção de práticas de Produção Mais Limpa, devido à redução no consumo de energia, dos recursos naturais, bem como a redução sistemática na emissão de resíduos e poluentes (DE GUIMARAES; SEVERO; DE VASCONCELOS, 2018).

2.3.4. AVALIAÇÃO ECONÔMICA

Apesar dos artigos encontrados mencionarem a ocorrência de resultados econômicos com a implantação da Produção Mais Limpa em fundições, a maioria não apresenta uma avaliação quantitativa destes resultados.

Até pouco tempo o enfoque da problemática ambiental concentrava-se em solucionar a questão “o que fazer com os resíduos gerados em decorrência das operações diárias das indústrias”. Atualmente, algumas empresas têm concentrado esforços na minimização da produção dos rejeitos, ao invés de simplesmente controlar a poluição já existente aplicando técnicas conhecidas como “tecnologias de fim de tubo”, ou seja, construção de estações de tratamento de efluentes e de aterros de resíduos industriais. Essa nova postura tem se mostrado mais efetiva para combater o aumento da degradação do meio ambiente, bem como para atender a legislação ambiental, além de melhorar a imagem pública de uma empresa e gerar ganhos econômicos (MACIEL *et al.*, 2009).

Observações a respeito dos resultados econômicos encontrados avaliam que as vantagens econômicas obtidas por uma fundição a partir da adoção de práticas de Produção Mais Limpa são altamente benéficas, em geral o efeito da aplicação de práticas ambientais é aumentar as vendas e reduzir os custos (HICKS; DIETMAR, 2006).

Os benefícios importantes da adoção de práticas de Produção Mais Limpa observados pela indústria de fundição, são relativos á melhorias dos processos e na qualidade do produto. Mas também por meio dos ganhos econômicos resultantes da redução dos custos com técnicas de tratamento de “fim de tubo” (VAN BERKEL, 2006).

A Produção Mais Limpa gera ganhos econômicos pela redução de custos devido ao aumento da eficiência produtiva, redução de perdas e desperdícios, e na utilização de insumos e matéria prima (ZHANG; YANG; BI, 2013).

Os trabalhos pesquisados neste estudo apenas mencionam sobre as variáveis ambientais e econômicas da implantação da Produção Mais Limpa em fundições de maneira qualitativa, sem demonstrar aplicações matemáticas de avaliação de impacto e de contabilização de ganhos. Esse resultado denota a oportunidade de se realizar avaliação econômica e ambiental de maneira quantitativa da adoção de práticas de Produção Mais Limpa em fundições.

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

Este capítulo do trabalho apresenta a metodologia que foi utilizada para a realização desta pesquisa, que em linhas gerais, desenvolveu-se com uma revisão bibliográfica e bibliométrica.

A pesquisa buscou contribuir para o aumento do volume de informações disponíveis a respeito das práticas de Produção Mais Limpa aplicadas por empresas do setor de fundição. O trabalho proposto é uma pesquisa exploratória de natureza qualitativa para análise de múltiplos casos, seguido pelo planejamento dos casos, considerando a análise econômica e ambiental da adoção de práticas de Produção Mais Limpa em indústrias do setor de fundição, por meio de entrevista e observação.

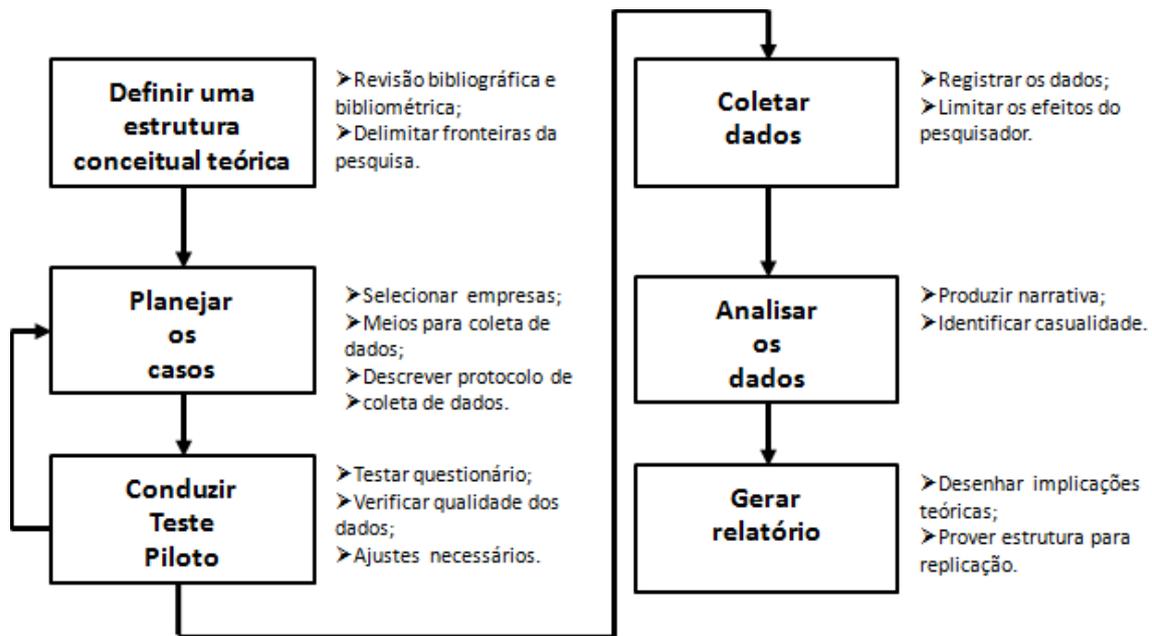
Na sequência foi conduzido estudo de caso focado na análise econômica e ambiental na adoção de práticas de Produção Mais Limpa na indústria de fundição de pequeno porte, com o objetivo de testar a rotina de pesquisa, verificar a qualidade dos dados e realização de possíveis ajustes antes da aplicação nas demais empresas.

O passo seguinte foi a aplicação do instrumento de pesquisa ajustado anteriormente, em mais 3 empresas, possibilitando a coleta de dados e registros.

O próximo passo foi realização da discussão dos dados por meio de análise intra e intercaos para identificação de semelhanças e diferenças entre os casos.

Conforme apresentado na Figura 6, esta dissertação está baseada na proposta de conteúdo e sequência para aplicação de estudo de múltiplos casos propostos por Cauchick e Souza (2012).

Figura 6: Condução do estudo de múltiplos casos



Fonte: Adaptado de Cauchick e Souza (2012)

3.1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica deste trabalho desenvolveu-se por meio de uma revisão bibliográfica e bibliométrica, visando à compreensão das análises apresentadas neste capítulo.

3.1.1. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA E BIBLIOMÉTRICA

Pesquisa bibliográfica e bibliométrica foram realizadas para analisar estatisticamente trabalhos científicos relativos ao tema, qualificando e quantificando os dados obtidos.

As revisões bibliográficas apresentam-se como uma atividade importante para identificar, conhecer e acompanhar o desenvolvimento da pesquisa em determinada área do conhecimento (NORONHA; FERREIRA, 2000), além de permitir a cobertura de uma gama de fenômenos geralmente mais ampla do

que aquela que poderia ser pesquisada diretamente (GIL, 2002). Além disso, as revisões permitem a identificação de perspectivas para pesquisas futuras, contribuindo com sugestões de ideias para o desenvolvimento de novos projetos de pesquisa (NORONHA; FERREIRA, 2000). De acordo com esses autores, as revisões podem ser classificadas segundo seu propósito (analítica ou de base), abrangência (temporal ou temática), função (histórica ou de atualização) e tipo de análise desenvolvida (bibliográfica ou críticas).

Bibliometria é um método estatístico que permite gerar indicadores para tratamento da informação especialmente em sistemas de informação e comunicação científicos, tecnológicos e de produtividade, necessários ao planejamento, avaliação e gestão da ciência e da tecnologia de uma determinada comunidade científica, é um método científico quantitativo com aplicação a livros, artigos e outras mídias (PRITCHARD, 1969).

O estudo bibliométrico busca agrupar informações relevantes sobre dado tema no crescente universo de publicações e bases trabalhos científicos, que se somam com as possibilidades de armazenamento e circulação trazidas pela informatização, e sendo assim, tem se tornado um desafio aos pesquisadores se situarem em suas pesquisas (SANTOS; KOBASHI, 2009).

Para realização da pesquisa bibliométrica foram utilizadas palavras chave relevantes ao tema da dissertação na busca por artigos publicados em importantes bases de dados.

Na análise do estudo bibliométrico foram avaliadas a evolução das publicações sobre práticas ambientais, países pesquisados e metodologia utilizada pelos autores que as publicações forneceram.

3.1.2. ABORDAGEM DA PESQUISA

As abordagens de pesquisa são condutas que orientam o processo de investigação, de forma a aproximar e focalizar o problema ou fenômeno que se pretende estudar de maneira a identificar os métodos de pesquisa adequados (BERTO; NAKANO, 1999).

Para o desenvolvimento do trabalho evidenciou-se a necessidade de um estudo com abordagem qualitativa com aportes quantitativos, com o objetivo de fundamentar seus pressupostos e orientada por pesquisas bibliográficas e análises bibliométricas, caracterizando-se como um estudo teórico e pesquisa de campo.

Essa dissertação tem caráter exploratório descritivo, pois procura identificar as várias manifestações do problema e descrevê-lo de vários pontos de vista (YIN, 2003).

Conforme Marconi e Lakatos (2005), pesquisas com abordagens qualitativas têm a preocupação de analisar e interpretar aspectos mais profundos que descrevem a complexidade do comportamento humano, enquanto o estudo quantitativo é baseado em amostras amplas e informações numéricas.

3.1.3. TIPO DE PESQUISA

A dissertação foi conduzida por meio de pesquisa exploratória para auxiliar na exploração do tema Avaliação econômica e ambiental da aplicação de práticas de Produção Mais Limpa na indústria de fundição.

A pesquisa realizada é do tipo exploratória descritiva, pois nesse estudo, o objetivo é descrever as características de determinada população envolvendo

o uso de técnicas padronizadas de coleta de dados. Uma pesquisa de caráter exploratório tem como objetivo tornar um fenômeno mais familiarizado e compreendido, como o caso desta pesquisa, que buscou identificar quais as barreiras que dificultam a implantação de práticas ambientais na indústria de fundição. Por outro lado, na pesquisa de caráter descritivo, o objetivo é verificar a distribuição de um fenômeno na população (FORZA, 2002).

3.1.4. MÉTODO DE PESQUISA

Como mencionado, a natureza de pesquisa aplicada também pode ser um estudo de caso. Para analisar as proposições e o modelo proposto, nesta dissertação, foi utilizado o método de pesquisa estudo de caso, aplicado em empresas do setor de fundição, que permitirá a realização das análises das proposições e do modelo proposto neste estudo. Segundo Yin (2010), o estudo de caso é de caráter empírico e tem como objetivo investigar um determinado fenômeno que ocorre na realidade, mas que não está claramente definido, possibilitando o desenvolvimento de novas teorias, com base nas evidências observadas.

Para Berto e Nakano (1999), o estudo de caso também permite uma análise aprofundada de um ou mais casos que possibilita a interação entre o pesquisador e o objeto de pesquisa. Já a pesquisa com múltiplos casos aumenta a validade externa dos dados e ajuda a proteger contra viés do observador.

Um estudo de caso pode ser realizado por meio de entrevistas visando à interação entre as partes, que incluem observação pessoal, conversas informais e reuniões com os entrevistados (BERTO; NAKANO, 1999). A entrevista é um importante instrumento de trabalho nos vários campos das ciências, e tem como objetivo principal a obtenção de informações do entrevistado sobre determinado assunto ou problema (MARCONI; LAKATOS, 2005).

Portanto, esta dissertação com base nos conceitos apresentados, se caracteriza como sendo um estudo de múltiplos casos.

3.2. PLANEJAMENTO DOS CASOS

Conforme Eisenhardt (1989), um estudo de caso não deve ser menor que quatro, e nem maior do que dez casos e com abordagem do tipo longitudinal. O estudo do tipo longitudinal tem por objetivo investigar o presente mesmo sendo necessária certa dose de retrospectividade (CAUCHICK; SOUZA, 2012).

3.2.1. MEIOS PARA COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Esta dissertação foi desenvolvida com base em respostas a formulário de pesquisa aplicado por meio de entrevista estruturada e dados documentais coletados junto às empresas e observação.

Marconi e Lakatos (2005) apresentaram 11 procedimentos para coleta de dados: 1) coleta documental; 2) observação; 3) entrevista; 4) questionário; 5) formulário; 6) medidas de opiniões e atitudes; 7) técnicas mercadológicas; 8) teste; 9) análise de conteúdo; 10) sociometria e 11) historiada vida.

As entrevistas foram realizadas com representantes das empresas definidos mediante a alguns critérios, como por exemplo, conhecimento de todo o processo fabril.

O instrumento para coleta de dados consistiu em formulário de pesquisa aplicado por meio de entrevista semiestruturada e a análise dos dados coletados, que seguiu conforme Oliveira Neto *et al.*, (2010, 2014), envolvendo

as seguintes etapas: 1) Levantamento de dados como quantidade de resíduos denominados Massa (M) e desenvolvimento do balanço de massa. 2) Avaliação econômica, quantificando financeiramente os elementos identificados na etapa anterior, e avaliar o retorno financeiro. 3) Avaliação ambiental, mensurando a redução do impacto ambiental por compartimento abiótico, biótico, água, ar e outros.

Por fim, na etapa 4 são comparados os ganhos econômicos e ambientais para verificação de ganhos.

Quadro 4: Metodologia para avaliação econômica e ambiental das ferramentas de eco eficiência em operações

Metodologia para avaliação ambiental e econômica da implantação das Ferramentas de eco eficiência	
Levantamento de Dados	<ul style="list-style-type: none"> - Levantamento da quantidade de resíduos e emissões a serem reduzidos /ou eliminados e/ou reusados e/ou reciclados e/ou remanufaturados, denominados Massa (M) com a implantação de ferramentas de eco eficiência. - Desenvolvimento do balanço de massa para detalhar os materiais/componentes e calcular o Material Total Economizado (MTE).
Avaliação Econômica	<ul style="list-style-type: none"> - Quantificar financeiramente os elementos constatados no levantamento de dados para identificar se ocorreu ganho econômico (GE) para a empresa. - Avaliar o retorno do investimento (ROI).
Avaliação Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> - Avaliar o ganho ambiental por meio da ferramenta <i>Mass Intensity Factors</i> (MIF), considerando a Massa (M) e o <i>Intensity Factors</i> (IF). $MIF = (M \times IF)$ - Avaliar o <i>Mass Intensity per Compartment</i> (MIC), que mensura a redução do impacto ambiental por compartimento Abiótico (w), Biótico (x), Água (y), Ar (z) e outros (n...). $MIC = (IF \text{ resíduo A do compartimento w} + IF \text{ resíduo B do compartimento w} + IF \text{ resíduo C do compartimento w} + IF \text{ resíduo n do compartimento w})$. *exemplo de MIC para o compartimento w, idem para os demais. - Avaliar o <i>Mass Intensity Total</i> (MIT) contabilizando a redução de impacto total, quando somados os MICs.
Comparação do ganho Econômico e Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> - Comparar o ganho econômico com o ambiental e vice e versa para verificar o índice do ganho econômico (IGE) e índice do ganho ambiental (IGA). $IGE = (MTE/GE)$. $IGA = (MIT/GE)$.

Fonte: Adaptado de Oliveira Neto et al., (2010, 2014)

Nas etapas 3 e 4, de avaliação econômica e ambiental, após a captação das informações por meio da entrevista dos resíduos e emissões geradas no processo da empresa, foi realizado pelo pesquisador um estudo para viabilidade de redução de resíduos e emissões, de maneira que possibilite mensurar o ganho econômico e ambiental, obedecendo as etapas apresentadas no Quadro 4 da metodologia para avaliação ambiental da implantação das ferramentas de eco eficiência em operações, que inicialmente sugere que seja realizado um levantamento dos dados referentes às quantidades de resíduos e emissões que se pretende reduzir. Posteriormente se sugere a avaliação econômica quantificando financeiramente a ocorrência de ganhos e em seguida uma avaliação ambiental por meio da *Mass Intensity Factor* (MIF).

A ferramenta de avaliação ambiental e econômica MIPS, também conhecida e citada por alguns autores como MIF (*Material Intensity Factor*) trata de um conceito não somente ambiental, mas também econômico, originalmente desenvolvido na década de 1990 pelo Instituto Wuppertal na Alemanha (OLIVEIRA NETO *et al.*, 2010). O MIPS tem como objetivo estimar o impacto de entrada sobre o meio ambiente, causado pela produção ou serviços de um produto e indica a quantidade de recursos materiais usados para este produto ou serviço (TAEKO e TAKAYUKI, 2005).

Segundo *Wurppertall Institut* da Alemanha (1991), medindo as entradas de materiais torna-se possível uma aproximação grosseira da carga ambiental global. A entrada de materiais por unidade de serviço (MIPS) é uma medida fundamental para estimar os impactos ambientais causados por um produto ou serviço, o ciclo de vida inteiro “do berço ao berço” (extração, produção, uso, resíduos, reciclagem) é considerado. O MIPS pode ser aplicado em todos os casos em que as implicações ambientais de produtos, processos e serviços precisam ser avaliados e comparados.

3.2.2. PROTOCOLO PARA COLETA DE DADOS

O protocolo de pesquisa detalhou os instrumentos de coleta e análise de dados e informações que dizem respeito a sua aplicação, e também, os relacionamentos com sua vinculação com as questões de pesquisa, não sendo considerado como um documento formal, mas sim como orientador das atividades do pesquisador (GIL, 2009).

Os estudos de caso podem ter seu projeto modificado a partir de novas informações ou constatações durante a coleta de dados, pois poucos são os estudos de caso que terminam exatamente como planejados (YIN, 2003).

O protocolo de pesquisa para coleta de dados tem como base o formulário de pesquisa (Apêndice 1) que segue as seguintes etapas:

- 1) Neste bloco constam as informações da empresa e do entrevistado.
- 2) Avaliação econômica.
- 3) Avaliação ambiental.

3.2.3. PROCEDIMENTOS DE PESQUISA

O procedimento de pesquisa compreende as seguintes etapas:

- 1) Agendamento das entrevistas.
- 2) Respostas com base na percepção dos entrevistados.
- 3) Preenchimento do questionário.
- 4) Avaliação individual dos casos (intra caso).

- 5) Avaliação das respostas.
- 6) Avaliação simultânea dos casos (inter casos).
- 7) Comparar os resultados obtidos os relacionando.
- 8) Concluir o estudo.

3.3. ENTREVISTA E INSTRUMENTOS DE PESQUISA (FORMULÁRIO / QUESTIONÁRIO)

A entrevista foi estruturada com a utilização de um formulário, conforme apresentado no apêndice 1. Tal método permitiu uma entrevista guiada e organizada.

A entrevista estruturada é aquela em que o entrevistador segue um roteiro previamente estabelecido e as perguntas feitas ao indivíduo, por meio de formulário, são predeterminadas (MARCONI e LAKATOS, 2005).

As entrevistas são conversas guiadas, nas quais o entrevistador pergunta aos respondentes sobre os fatos de um assunto, assim como suas opiniões sobre os eventos (YIN, 2010).

Em linhas gerais, há diversos procedimentos para a realização da coleta de dados, os técnicos são as entrevistas e os questionários (MARCONI e LAKATOS, 2005).

3.3.1. TESTE PILOTO

Antes de iniciar a pesquisa com as empresas, foi realizada uma entrevista piloto por meio do formulário e do questionário de pesquisa, assim,

identificaram-se falhas na elaboração das questões. Outro aspecto relevante constatado na entrevista foi a possibilidade de desenvolver melhorias no questionário, quando necessário.

De acordo com Yin (2010), o teste piloto contribui para refinar os procedimentos da pesquisa em relação a coleta de dados e aos conteúdos a serem seguidos, pois o caso-piloto é mais formativo, o que auxilia o pesquisador a desenvolver linhas relevantes de questões, proporcionando algum esclarecimento conceitual sobre o projeto de pesquisa.

3.3.2. SELEÇÃO DA EMPRESA PARA O TESTE PILOTO

Para a realização da pesquisa-piloto foi selecionada a empresa, denominada como A:

Trata-se de uma empresa nacional, localizada em Itaquaquecetuba SP de fácil acesso e contato. O pesquisado tem 12 anos de experiência e, atualmente, é Diretor Industrial.

De acordo com Marconi e Lakatos (2010), em geral, a conveniência, o acesso e a proximidade geográfica podem ser os principais critérios para a seleção de um caso-piloto.

3.3.3. ANÁLISE DO TESTE PILOTO

Após a entrevista, realizada com o diretor da empresa A, verificou-se que a reunião poderia ser feita em, pelo menos, 30 minutos e que as perguntas, podem ser reavaliadas. De acordo com o entrevistado, as perguntas foram claras e técnicas, por isso, somente profissionais com conhecimento

conseguiriam participar. Muitas perguntas foram respondidas com base no conhecimento do diretor que, demonstrou amplo conhecimento de sua empresa.

3.3.3.1. COLETA DE DADOS

Nesta etapa foram contatados os principais entrevistados que estão cientes da pesquisa. Os entrevistados têm total condições de fornecer as informações e esclarecer possíveis dúvidas que possam surgir durante a coleta de dados.

Os pesquisadores estão capacitados a efetuar questões adequadas ao assunto abordado tendo competência para interpretar as respostas, sem preconceitos e bem embasado sobre o tema, além de serem flexíveis á novas situações (YIN, 2003).

3.3.3.2 ANÁLISE DOS DADOS

Com base nas percepções sobre práticas de Produção Mais Limpa no setor de fundição, das cinco empresas, será realizada uma análise intracaso em cada uma, o que permitirá identificar as contribuições econômicas e ambientais nas respostas dos entrevistados.

Segundo Eisenhardt (1989) a análise intracaso trata-se do relato detalhado dos casos, por meio de uma simples descrição de cada resposta. Já as análises intercasos buscam similaridades nas respostas e na conclusão.

Miles e Huberman (1994), dizem que a análise intracaso dos dados coletados permite o uso de matriz para tabular as informações constatadas

durante a entrevista, permitindo explicar melhor o objeto estudado e os fatos mais compreensíveis. Após discussão de cada caso, é imprescindível estabelecer a análise intercaso, que torna a explicação mais compreensível e mais objetiva por meio da identificação das semelhanças e diferenças.

As entrevistas foram conduzidas e respondidas considerando as percepções de cada gestor em relação á práticas ambientais.

No momento da coleta de dados, muitas informações sem grande relação com o contexto acabaram sendo incluídas, e foram descartadas sem prejuízo para os resultados do estudo. Foi necessária uma redução dos dados incluindo na análise somente aquilo que é essencial e que tenha relação com os objetivos da pesquisa (CAUCHICK; SOUSA, 2012).

3.4. ANÁLISE INTERCASOS E IDENTIFICAÇÃO DE CASUALIDADE

Nesta etapa do trabalho será realizada uma análise cruzada dos casos, identificando convergências e divergências, realizando comparações entre os resultados e as causas.

O estudo deve ser bem estruturado além de confiável e válido, permitindo sua replicação. A confiabilidade visa demonstrar que as operações do estudo, como por exemplo, os procedimentos para a coleta de dados, podem ser repetidas de forma a apresentar os mesmos resultados (YIN, 2003).

4. PESQUISA DE CAMPO

Neste tópico são apresentadas as análises dos múltiplos casos, que contribuíram para as discussões dos casos em relação à pergunta de pesquisa deste estudo. Logo que análise dos casos envolve uma comparação dos casos, buscando analisar as similaridades e diferenças entre os casos.

Por fim, foram expostas algumas discussões, permitindo a colaboração da prática com a teoria, fornecendo elementos para análise, de acordo com as informações fornecidas por cada organização.

4.1. EMPRESA A

A empresa A, localiza-se no Estado de São Paulo e produz ferro fundido cinzento e nodular para fabricação de peças diversas que atendem dentre vários setores os principais, máquinas e equipamentos, automobilística de linha pesada e construção civil. A entrevista foi realizada com o Diretor Industrial, 42 anos de idade e possui mais de 12 anos de experiência no setor.

A empresa A está classificada como de pequeno porte, conforme SEBRAE (2012), contando atualmente com 50 funcionários diretos. Suas instalações estão distribuídas em um terreno de 1000 (mil) metros quadrados e está localizado na cidade de Itaquaquecetuba-SP e está há 50 anos no mercado. Sua capacidade de fusão está em 110 toneladas por mês.

No início, o entrevistado comentou de maneira geral sua visão sobre alguns aspectos ambientais e tecnológicos aplicados no setor de fundição. De acordo com o entrevistado a indústria de fundição, já é por si só, uma recicladora dos insumos utilizados em seu processo de fundição, mas tem como principal impacto ambiental observado, o descarte da areia de fundição.

Por outro lado, existe a ausência de investimentos em recursos tecnológicos para facilitar implementação de práticas ambientais, alertando que as causas consistem na falta de qualificação de mão de obra para implementá-las e utilizá-las, além de falta de percepção dos clientes.

Esta organização implantou em seu parque industrial um regenerador mecânico de areia de fundição, esse tipo de máquina dá a oportunidade de reuso de aproximadamente 70% da areia utilizada no processo de moldagem. Segundo o entrevistado, essa seria a principal ação voltada para adoção de práticas de Produção Mais Limpa, pois é bem claro a redução do impacto ambiental e retorno financeiro. De acordo com o entrevistado a implantação deste equipamento melhorou o fluxo do material utilizado e da gestão dos recursos internos do setor de fundição, melhorando a qualidade dos serviços. Ainda, o entrevistado afirma que não houve influência na qualidade do produto final.

Especialista em sua área a empresa A é certificada ISO 9001:2008. Atende aos requisitos da legislação ambiental estabelecidos pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Básico (CETESB), no tocante às normas relacionadas com a correta destinação dos resíduos contaminantes e níveis de ruído emitidos pela fábrica, em razão de estar localizada adjacente a uma área residencial urbana. Nota-se que as percepções do entrevistado estão de acordo com o estudo de Ylmaz *et al.* (2015) que identificaram diversos benefícios em fundições que adotaram práticas ambientais relacionadas a reuso interno de areia de fundição.

Nessa empresa, foi realizado o teste piloto com o questionário estruturado econômico e ambiental para analisar e identificar melhorias na entrevista e observou-se a necessidade de alterar questões ambientais.

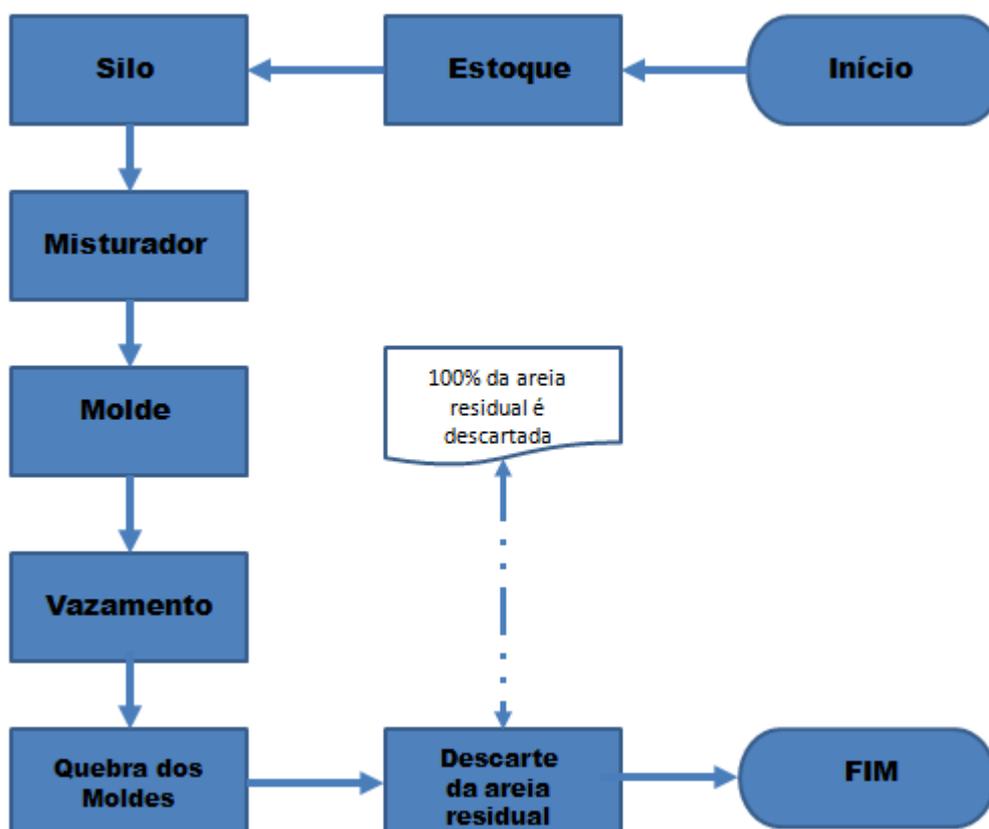
4.1.1. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL E ECONÔMICA – EMPRESA A.

Para identificar a carga poluidora gerada pela empresa A, foram realizadas pelo pesquisador acompanhado do respondente, observações nos processos de fabricação, a saber: fusão de carga de ferro fundido nodular para obtenção de peças fundidas diversas.

O processo de fundição na empresa A, constitui-se fundamentalmente em duas operações principais, nas quais a primeira refere-se à produção do molde, e a segunda tem o propósito de fundir o metal. Frizando-se que para a fusão do metal, necessita-se essencialmente da construção do molde, que recebe o metal líquido, buscando-se a obtenção final da peça produzida. Salienta-se que, os processos mencionados geram resíduos sólidos, sendo predominante os detritos de areia de fundição, os quais são originados na etapa de desmoldagem das peças de metal.

A Figura 7 representa os processos de movimentação da areia de fundição, desde sua entrada no estoque, até o seu descarte nas caçambas e destinação para o aterro industrial. Ou seja, iniciava-se os procedimentos com a estocagem da matéria-prima (areia sílica), em seguida, a quantidade necessária da mesma era encaminhada para um silo, aguardando o seu direcionamento para um equipamento denominado misturador. Este equipamento tem a função de homogeneizar a areia e seus constituintes químicos em um tempo preestabelecido, de modo que essa mistura fique pronta para ser direcionada à próxima etapa, realizando-se em seguida, a confecção apropriada do molde. A fase seguinte, refere-se ao vazamento, que trata do preenchimento do molde com o metal líquido, a fim de realizar a construção da peça de metal. Na sequência, o molde com a peça de metal integrada passa pela etapa de desmoldagem, que consiste da quebra e separação entre o molde e a peça de metal fabricada. O detritos dos moldes quebrados, que constituem em sua predominância de areia residual eram encaminhados para aterros industriais em um percentual equivalente a 100%.

Figura 7: Fluxograma do processo de fundição da empresa A - antes da adoção do regenerador mecânico



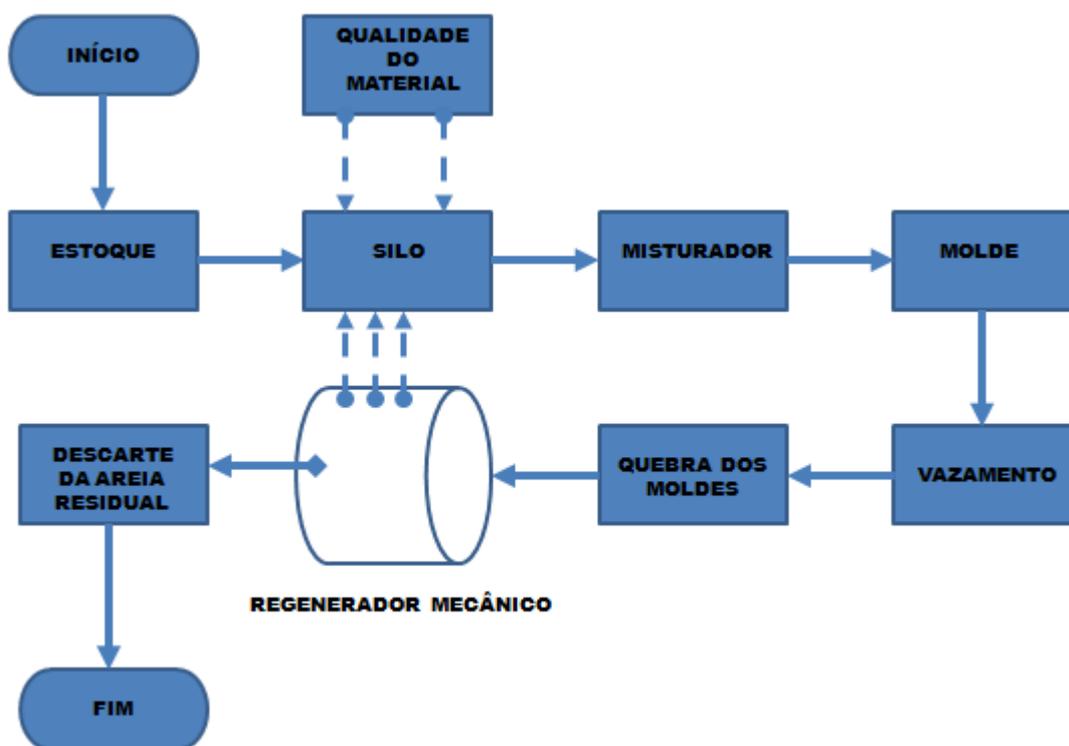
Fonte: Autor

A Figura 8 representa os processos de movimentação da areia de fundição, após a implementação do regenerador mecânico, responsável pela reutilização da areia residual na indústria metalúrgica em estudo.

Conforme a representação inicia-se o processo com a estocagem da areia de fundição, em seguida, a mesma é direcionada para o silo em sua quantidade predeterminada, no entanto, o silo também recebe agora a areia reutilizável, proveniente do regenerador mecânico. Nessa etapa, os materiais são avaliados, seguindo-se ao misturador, à fabricação do molde, ao vazamento e à fase de quebra dos moldes. Os detritos provenientes das quebras dos moldes, agora são encaminhados ao regenerador mecânico, reciclando a areia residual e transferindo-a em seguida para o silo, a fim de dar

continuidade ao ciclo. Salienta-se que, 70% da areia residual de fundição é recuperada, sendo descartado agora, somente 30% da areia utilizada nos processos de fundição da indústria. Essa quantidade de areia residual descartada é direcionada para aterros industriais.

Figura 8: Fluxograma do processo de fundição da empresa A- depois da adoção do regenerador mecânico



Fonte: Autor

Na primeira etapa, denominada levantamento dos dados, foi constituído o balanço de massa anual referente à redução das perdas que foram obtidas com base na massa (m) de resíduos sólidos gerados nos processos de fundição de ferro cinzento e nodular conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Balanço de Massa – Empresa A

BALANÇO DE MASSA			
Componentes	Local	Unidade Mensal (Kg)	Qtd. Anual (Kg)
areia	regenerador	275.000	3.300.000,00

Fonte: Autor

Na segunda etapa, realizou-se a avaliação econômica anual. Inicialmente temos que considerar o investimento para aquisição do equipamento denominado Regenerador mecânico de areia de fundição no valor de R\$700.000,00 (setecentos mil Reais) além de gastos com energia elétrica anual no valor de R\$18.000,00 (dezoito mil Reais) conforme Tabela 2. É importante ressaltar que não há histórico de gastos com manutenção, da mesma forma que não há necessidade de custos com treinamento de pessoal.

Tabela 2: Investimento Inicial – empresa A

Investimento	R\$
	R\$ 700.000,00
Custo c/ energia elétrica KWh (anual)	R\$ 18.000,00
Investimento Total	R\$ 718.000,00

Fonte: Autor

Ainda, na etapa de avaliação econômica foi observado uma redução de 70% na aquisição de areia de fundição para utilização no processo de fundição, após a implantação do Regenerador, conforme Tabela 3.

Tabela 3: Avaliação Econômica – Empresa A

AVALIAÇÃO ECONÔMICA

Componentes	Gasto anual antes		Gasto anual Depois	
	Kg	Valor R\$	Kg	Valor R\$
Areia	3.300.000	R\$ 3.300.000,00	990.000	R\$ 990.000,00

Fonte: Autor

Para a análise da viabilidade econômica e ambiental, inicialmente procurou-se correlacionar os dados apurados por meio do balanço de massa e gastos com a compra da areia de fundição. Além disso, para que fosse possível a apuração dos ganhos econômicos e ambientais, houve a necessidade da aplicação de análises comparativas entre os dados obtidos na indústria, antes e após a implementação do regenerador mecânico de areia residual de fundição.

Considerando-se a situação anterior à implementação do regenerador mecânico, para cada quilograma de ferro fundido pertinente à produção de peças na indústria metalúrgica, havia a necessidade do uso de 2,5 kg de areia virgem com o seu respectivo valor de R\$1,00 por quilo de areia, levando em consideração a aquisição, utilização e descarte em aterros. Com as apurações dos dados em um período de 12 meses, pôde-se averiguar o uso de 1.320.000 (um milhão, trezentos e vinte mil quilos) Kg de ferro fundido, correspondente à utilização de 3.300.000 (três milhões e trezentos mil quilos) Kg de areia virgem adquirida para a fabricação dos moldes, equivalendo-se a gastos no valor de R\$ 3.300.000,00 (três milhões e trezentos mil Reais).

No entanto, após a implementação do regenerador mecânico, os gastos com a aquisição da areia de fundição diminuíram a um percentual de 70%, equivalendo-se agora ao valor de R\$ 990.000,00 (Novecentos e noventa mil Reais), visto que a indústria metalúrgica passou a reutilizar a areia residual de fundição em seus processos de confecção dos moldes. A Tabela 3 ilustra o balanço de massa e o dimensionamento gastos dos anuais, antes e após a

implementação do regenerador mecânico demonstrando um ganho econômico de R\$2.310.000,00 (dois milhões trezentos e dez mil Reais).

A mensuração do cálculo de retorno do investimento para a implantação do Regenerador mecânico considerou o investimento de R\$718.000,00 (setecentos e dezoito mil Reais). Assim, o capital investido foi totalmente compensado em menos de um ano, conforme Tabela 4.

Tabela 4: Cálculo de Retorno de Investimentos – Empresa “A”

Investimento em Equipamento	718.000						
Prazo de depreciação (anos)	10						
Depreciação Anual	71.800						
Redução de Custo Anual Obtida	2.310.000						
Depreciação Anual	-71.800						
Base para Cálculo do Imposto de Renda (IR)	2.238.200						
IRPJ + CSLL (Contrib. Social sobre Lucro)	30,0%						
Valor do IR + CSSL Anual	-671.460						
Redução de Custo Líquida Anual	1.566.740						
Redução de Custo Líquida Anual	1.566.740						
Depreciação Anual	71.800						
Geração de Caixa Anual	1.638.540						
Fluxo de Caixa	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	
Investimento	-718.000						
Geração de Caixa Anual		1.638.540	1.638.540	1.638.540	1.638.540	1.638.540	
Fluxo de Caixa Total	-718.000	1.638.540	1.638.540	1.638.540	1.638.540	1.638.540	
ROI ou TIR	227,6% ao ano						
Payback Descontado a 15% ao ano	0,65 anos						

Fonte: Autor

Na terceira etapa, avaliou-se o ganho ambiental resultante da implementação do regenerador mecânico de areia de fundição. A Tabela 5 mostra a intensidade de material por compartimento (MIC) e a intensidade de material total (MIT). Com essa ação a empresa deixou de poluir 3.280.200 Kg no compartimento abiótico, 3.303.300 Kg na água e 69.300 Kg no ar, contabilizando um ganho ambiental total (GA) de 6.652.800 Kg.

Tabela 5: Avaliação do impacto Ambiental Kg/kg – Empresa A

Avaliação do Impacto Ambiental Kg/kg

Componente	Setor	Compartimentos				Total
		Abiótico	Biótico	Água	Ar	
Areia	Desmoldagem (Kg)	1,42		1,43	0,03	6.652.800
<i>Mass Intensity per Compartimento(MIC)</i>		2.310.000	3.280.200	3.303.300	69.300	
<i>Mass Intensity Total (MIT)</i>						6.652.800

Fonte: Autor

Na última etapa, desenvolveu-se a comparação entre o ganho econômico e ambiental. Os dados mostram que o Material Total Economizado (MTE), considerando os resíduos sólidos e líquidos minimizados 2.310.000 kg que corresponde a 6.652.800 kg ao considerar a intensidade total do material no ecossistema.

4.2. EMPRESA B

A empresa B está localizada na cidade de Batatais, interior de São Paulo e suas instalações estão distribuídas em um terreno de 3300 mil metros quadrados.

Fundada em 1976 a empresa atua no mercado de ferro fundido nodular, cinzento, branco alta liga e ADI atendendo as mais diversas demandas dos setores automobilísticos de linha pesada e agrícola (OEM e *aftermarket*). Sua capacidade de produção está em 250 toneladas por mês.

A empresa B está classificada como de pequeno porte, contando com 70 funcionários diretos. O respondente foi o Gerente de Produção, 43 anos de

idade com formação em Engenharia de Produção e 23 (vinte e três) anos de experiência em metalurgia.

No início, o entrevistado comentou de maneira geral sua visão sobre alguns aspectos ambientais e tecnológicos aplicados no setor de fundição. Citou também, algumas ações que a empresa B pratica em seu dia a dia como reflorestamento de área de nascente que atende á toda comunidade e a área destinada á resíduos, é totalmente isolada para evitar possíveis danos ambientais.

De acordo com o entrevistado, assim como na empresa A, a indústria de fundição, já é por si só, uma recicladora dos insumos utilizados em seu processo de fundição, mas tem como principal impacto ambiental observado, o descarte da areia de fundição que neste caso, é de 100%.

Esta organização implantou em seu parque industrial uma prensa hidráulica no setor de usinagem de fundidos que permite a reutilização do cavaco e separação do óleo solúvel. São usinados em sua planta cerca de 10% do que é vazado ou seja, 25 toneladas por mês ou 300 toneladas por ano. Esse tipo de prensa dá a oportunidade de reuso de aproximadamente 100% do ferro fundido que foi usinado, reduzindo a aquisição de ferro gusa necessário para produção do ferro fundido (equivalente á 34% de ferro gusa por tonelada).

Segundo o entrevistado, essa seria a principal ação voltada para adoção de práticas de Produção Mais Limpa, pois é bem claro a redução do impacto ambiental e retorno financeiro. Para o entrevistado o grande benefício observado fora o retorno financeiro, foi a conscientização dos colaboradores que começaram a desenvolver o pensamento de melhoria contínua no setor. Essa percepção vai de encontro com o estudo de Moraes *et al.*, (2013) que observaram contribuições positivas dos colaboradores a partir da capacitação ambiental em fundições.

Especialista em sua área a empresa B é certificada ISO 9001:2008. Atende aos requisitos da legislação ambiental estabelecidos pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Básico (CETESB) no tocante às normas relacionadas com a correta destinação dos resíduos contaminantes e níveis de

ruído emitidos pela fábrica, em razão de estar localizada adjacente a uma área residencial urbana.

4.2.1. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL E ECONÔMICA – EMPRESA B.

Para identificar a carga poluidora gerada pela empresa B, foram realizadas pelo pesquisador acompanhado do respondente, observação nos processos de fabricação, a saber: fusão de carga de ferro fundido nodular para obtenção de peças fundidas diversas e visita ao setor de usinagem para observação ao processo da prensa.

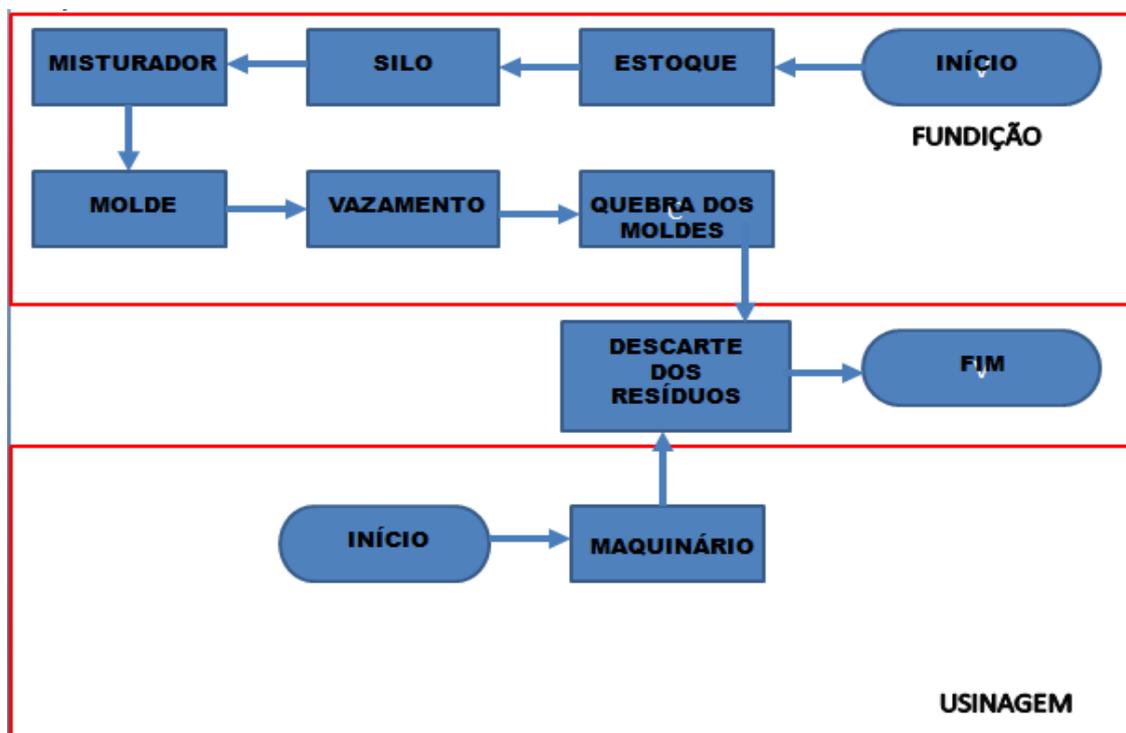
O processo de fundição na empresa B, constitui-se fundamentalmente em duas operações principais, nas quais a primeira refere-se à produção do molde, e a segunda tem o propósito de fundir o metal. Assim como na empresa A, friza-se que para a fusão do metal, necessita-se essencialmente da construção do molde, que recebe o metal líquido, buscando-se a obtenção final da peça produzida. Salienta-se que cerca de 50% do que é fundido na fábrica, também é processado no setor de usinagem (torneamento, furação, frezagem e retífica) conforme necessidade do cliente, gerando cavacos que são reutilizados nos fornos novamente. Os processos mencionados geram resíduos sólidos, sendo predominante os detritos de areia de fundição, os quais são originados na etapa de desmoldagem das peças de metal.

A Figura 9 representa os processos de movimentação da areia de fundição, desde sua entrada no estoque, até o seu descarte nas caçambas e destinação para o aterro industrial. É possível observar também a movimentação dos resíduos (cavacos) gerados no setor de usinagem. Ou seja, iniciava-se os procedimentos com a estocagem da matéria-prima (areia sílica), em seguida, a quantidade necessária da mesma era encaminhada para um silo, aguardando o seu direcionamento para um equipamento denominado misturador. Este equipamento tem a função de homogeneizar a areia e seus

constuintes químicos em um tempo preestabelecido, de modo que essa mistura fique pronta para ser direcionada à próxima etapa, realizando-se em seguida, a confecção apropriada do molde.

A etapa seguinte, refere-se ao vazamento, que trata do preenchimento do molde com o metal líquido, a fim de realizar a construção da peça de metal. Na sequência, o molde com a peça de metal integrada passa pela etapa de desmoldagem, que consiste da quebra e separação entre o molde e a peça de metal fabricada. O detritos dos moldes quebrados, que constituem em sua predominância de areia residual são encaminhados para aterros industriais em um percentual equivalente a 100% devido á necessidade da qualidade exigidas por seus clientes.

Figura 9: Fluxograma do processo de fundição da empresa B - antes da adoção da prensa separadora de cavacos

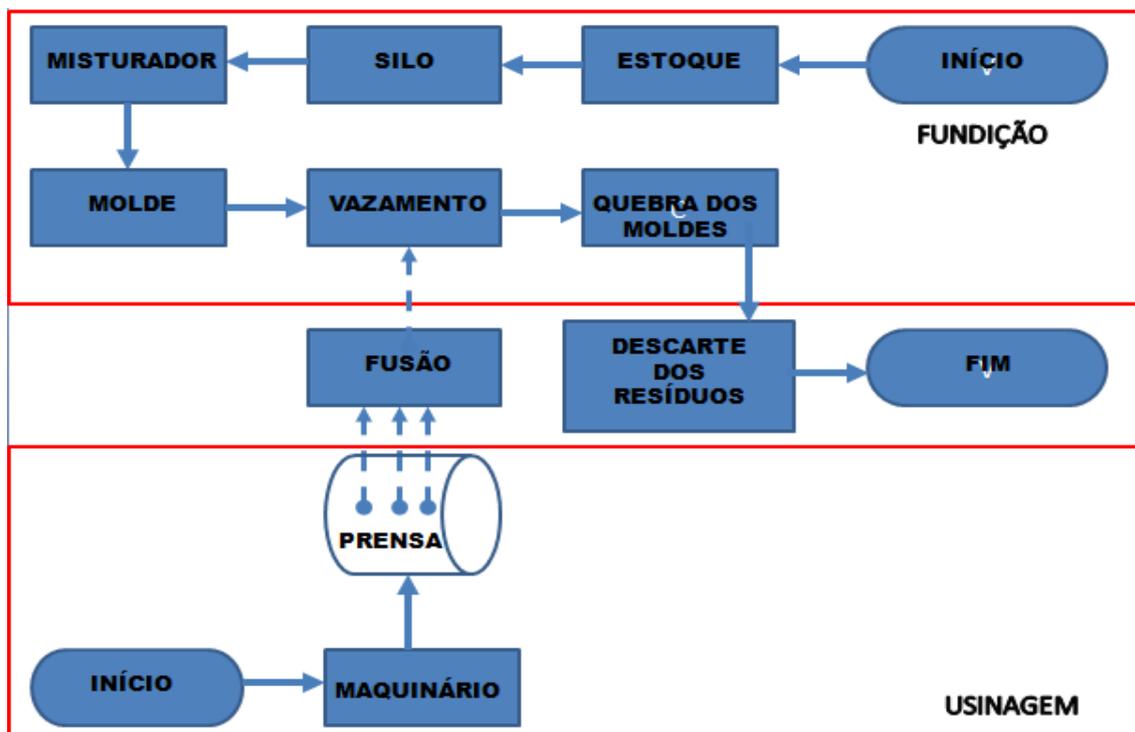


Fonte: Autor

A Figura 10 representa os processos de movimentação dos resíduos gerados nos processos de usinagem (cavacos), objeto deste estudo, após a

implementação da prensa separadora de cavacos, responsável pela reutilização do resíduo gerado na proporção de 100% na indústria metalúrgica em estudo. No caso estudado, 10% do que é fundido se transformam em cavacos, ou seja, 25 toneladas de resíduos sólidos. Conforme a representação inicia-se o processo com a estocagem da areia de fundição, em seguida, a mesma é direcionada para o silo em sua quantidade predeterminada. A próxima etapa é a fase do misturador (areia e resinas) e na sequência, a fabricação do molde. Na fase do vazamento é adicionado agora, o cavaco recuperado na proporção de 200 kg para uma carga de 1000 kg de ferro fundido vazado, e por fim, a fase de quebra dos moldes. O que se deve levar em consideração na condução deste estudo é a redução de 15% na aquisição de ferro gusa, devido á reutilização do cavaco no processo de vazamento.

Figura 10: Fluxograma do processo de fundição da empresa B - Depois da Implantação da Prensa



Fonte: Autor

Na primeira etapa, denominada levantamento dos dados, foi constituído o balanço de massa anual referente á redução das perdas que foram obtidas

com base na massa (m) de resíduos sólidos gerados nos processos de fundição de ferro cinzento e nodular conforme a Tabela 6.

Tabela 6: Balanço de Massa – Empresa B

BALANÇO DE MASSA			
Componentes	Local	Unidade Mensal (Kg)	Qtd. Anual (Kg)
Ferro Gusa (34%)	Prensa	85.000	1.020.000

Fonte: Autor

Na segunda etapa, realizou-se a avaliação econômica anual. Inicialmente temos que considerar o investimento para aquisição do equipamento denominado Prensa separadora de cavacos no valor de R\$100.000,00 (cem mil Reais) além de gastos com energia elétrica anual no valor de R\$20.000,00 (vinte mil Reais) conforme Tabela 7. O histórico de gastos com manutenção é R\$8000,00 (oito mil Reais) por ano e não há necessidade de custos com treinamento de pessoal.

Tabela 7: Investimento Inicial – empresa “B”

TABELA DE INVESTIMENTOS	
Investimento	R\$
	R\$ 100.000,00
Custo c/ energia elétrica KWh (anual)	R\$ 20.400,00
Custo c/ manutenção	R\$ 8.000,00
Investimento Total	R\$ 128.400,00

Fonte: Autor

Ainda na etapa de avaliação econômica foi observado uma redução de 15% na aquisição de ferro gusa para utilização no processo de fundição, após a implantação da Prensa, conforme Tabela 8.

Tabela 8: Avaliação Econômica – Empresa B

AVALIAÇÃO ECONÔMICA

Componentes	Gasto anual antes		Gasto anual Depois(-15%)	
	Kg	Valor R\$	Kg	Valor R\$
Ferro Gusa	1.020.000	R\$ 510.000,00	867.000	R\$ 433.500,00

Fonte: Autor

Para a análise da viabilidade econômica e ambiental, inicialmente procurou-se correlacionar os dados apurados por meio do balanço de massa e gastos com a aquisição de ferro gusa. Além disso, para que fosse possível a apuração dos ganhos econômicos e ambientais, houve a necessidade da aplicação de análises comparativas entre os dados obtidos na indústria, antes e após a implementação da prensa separadora de cavacos.

Considerando-se a situação anterior à implementação da prensa separadora de cavacos, para cada quilograma de ferro fundido pertinente à produção de peças na indústria metalúrgica, havia a necessidade do uso de 0,340 kg de ferro gusa, com o seu respectivo valor de R\$ 0,50 (cinquenta centavos de Reais) por quilo. Com as apurações dos dados em um período de 12 meses, pôde-se averiguar o uso de 3.000.000 Kg de ferro fundido, correspondente à utilização de 1.020.000 Kg de ferro gusa adquirida para a fusão, equivalendo-se a gastos no valor de R\$ 510.000,00 (quinhentos e dez mil Reais).

No entanto, após a implementação da prensa, os gastos com a aquisição de ferro gusa diminuíram a um percentual de 15%, equivalendo-se agora ao

de ferro gusa. A Tabela 10 mostra a intensidade de material por compartimento (MIC) e a intensidade de material total (MIT). Com essa ação a empresa deixaria de poluir 224.910 Kg no compartimento abiótico, 8.99280 Kg na água e 79.560 Kg no ar, contabilizando um ganho ambiental total (GA) de 9.294.750 Kg.

Tabela 10: Avaliação do impacto Ambiental Kg/kg – Empresa B

Avaliação do Impacto Ambiental Kg/kg

Componente	Setor	Compartimentos				Total
		Abiótico	Biótico	Água	Ar	
Ferro Gusa	Usinagem	1,47		58,76	0,52	9.294.750
<i>Mass Intensity per Compartimento(MIC)</i>	153.000	224.910		8.990.280	79.560	
<i>Mass Intensity Total (MIT)</i>						9.294.750

Fonte: Autor

Na última etapa, desenvolveu-se a comparação entre o ganho econômico e ambiental. Os dados mostram que o Material Total Economizado (MTE), considerando os resíduos sólidos e líquidos minimizados 153.000 kg que corresponde a 9.294.750 kg ao considerar a intensidade total do material no ecossistema.

4.3. EMPRESA C

A empresa C está localizada na cidade de Batatais, interior de São Paulo e suas instalações estão distribuídas em um terreno de 500 metros quadrados.

Fundada em 2011 a empresa atua no mercado de ferro fundido nodular e cinzento atendendo a demanda do mercado de reposição (*Aftermarket*) das linhas automobilísticas pesadas. Sua capacidade de produção está em 50 toneladas por mês sendo o principal produto, coletores.

A empresa C está classificada como de pequeno porte, contando com 11 funcionários diretos. O respondente foi o sócio administrador, 36 anos de idade com formação em Engenharia de Produção e 19 (dezenove) anos de experiência em metalurgia.

No início, o entrevistado comentou de maneira geral sua visão sobre alguns aspectos ambientais e tecnológicos aplicados no setor de fundição. Citou também, algumas ações que a empresa C pratica em seu dia a dia como, processo de exaustão de particulados e a área de resíduos é totalmente isolada para evitar possíveis danos ambientais. De acordo com o entrevistado, assim como na empresa A e B, a indústria de fundição, já é por si só, uma recicladora dos insumos utilizados em seu processo de fundição, mas tem como principal impacto ambiental observado, o descarte da areia de fundição que neste caso, é de 100%.

O entrevistado vê como principal ação de prática de Produção Mais Limpa a adoção do forno elétrico á indução em substituição ao forno cubilô que utilizava queima de óleo mineral em seu processo. Para o gestor a troca do forno possibilitou uma melhor organização da área de estoques de insumos, redução no refugo e conseqüentemente melhorou a confiabilidade na entrega do produto. Uma grande conquista para a imagem da empresa. Nota-se que essa percepção está alinhada com o estudo de Yang et al., (2010) que observaram ganhos em fatores de competitividade e desempenho em fundições por meio da adoção de práticas ambientais.

Especialista em sua área a empresa C é certificada ISO 9001:2015. Atende aos requisitos da legislação ambiental estabelecidos pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Básico (CETESB) no tocante às normas relacionadas com a correta destinação dos resíduos contaminantes e níveis de ruído emitidos pela fábrica, em razão de estar localizada adjacente a uma área

residencial urbana e possui o Certificado de Autorização de Destinação de Resíduos Sólidos (CADRIS).

4.3.1. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL E ECONÔMICA – EMPRESA C.

Para identificar a carga poluidora gerada pela empresa C, foram realizadas pelo pesquisador acompanhado do respondente, observações nos processos de fabricação, a saber: fusão de carga de ferro fundido nodular para obtenção de peças fundidas diversas.

O processo de fundição na empresa C, constitui-se fundamentalmente em duas operações principais, nas quais a primeira refere-se à produção do molde, e a segunda tem o propósito de fundir o metal. Assim como nas empresas A e B, friza-se que para a fusão do metal, necessita-se essencialmente da construção do molde, que recebe o metal líquido, buscando-se a obtenção final da peça produzida.

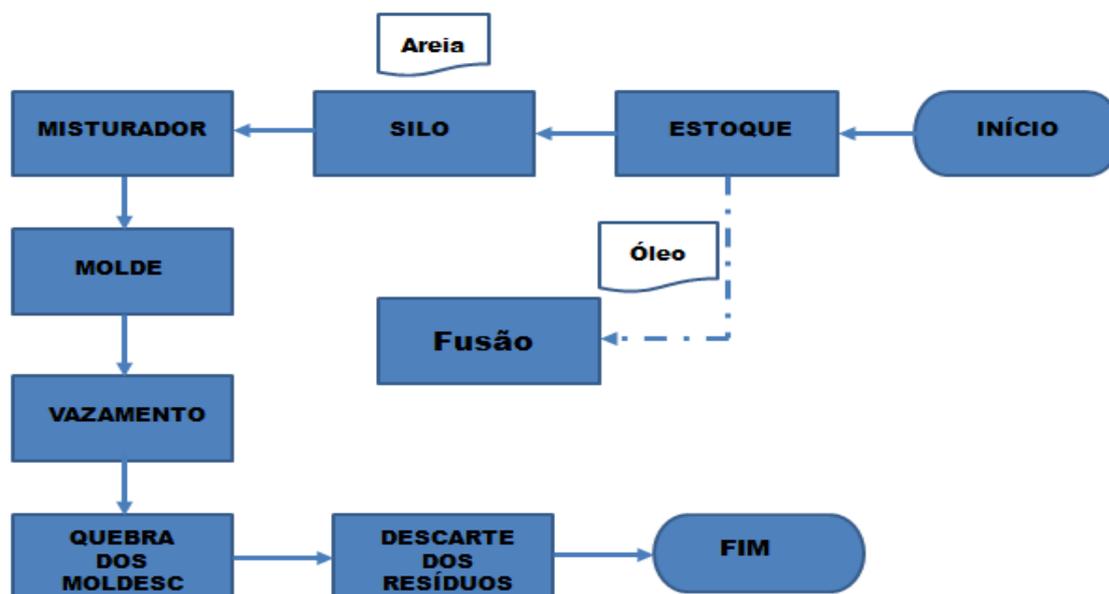
Os processos mencionados geram resíduos sólidos, sendo predominante os detritos de areia de fundição, os quais são originados na etapa de desmoldagem das peças de metal. Destaca-se a utilização de óleo queimado de origem mineral e vegetal no processo de fusão do forno cubilô.

A Figura 11 representa os processos de movimentação da areia de fundição, desde sua entrada no estoque, até o seu descarte nas caçambas e destinação para o aterro industrial. É importante destacar a utilização de óleo de origem mineral e vegetal no processo de fusão das ligas metálicas no forno cubilô. Ou seja, iniciava-se os procedimentos com a estocagem da matéria-prima (areia e óleo), em seguida, a quantidade necessária da areia era encaminhada para um silo e o óleo enviado ao forno cubilô. Na sequência, é realizada a mistura areia com resinas e confecção dos moldes de areia. É importante avaliar a quantia de R\$ 24.000,00 (vinte e quatro mil Reais) de

custo com óleo queimado para fundir 50 toneladas de ferro fundido, ou seja, R\$0,48 (quarenta e oito centavos de Reais) por quilograma de fundido referente á 25 mil litros de óleo queimado.

A etapa seguinte, refere-se ao vazamento, que trata do preenchimento do molde com o metal líquido, a fim de realizar a construção da peça de metal. Na sequência, o molde com a peça de metal integrada passa pela etapa de desmoldagem, que consiste da quebra e separação entre o molde e a peça de metal fabricada. O detritos dos moldes quebrados, que constituem em sua predominância de areia residual são encaminhados para aterros industriais em um percentual equivalente a 100% devido á necessidade da qualidade exigidas por seus clientes.

Figura 11: Fluxograma do processo de fundição da empresa C - antes da adoção do forno elétrico a indução



Fonte: Autor

A Figura 12 representa os processos de movimentação apenas da areia, após a implementação do forno a indução elétrica, responsável pela eliminação

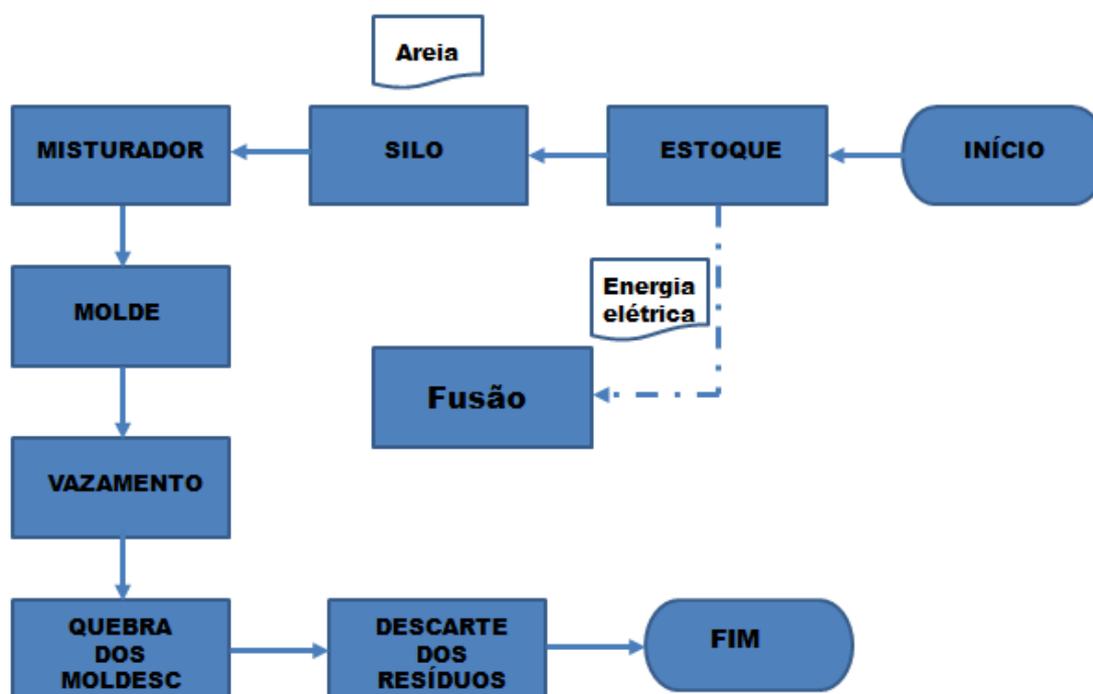
do uso de óleo queimado, objeto deste estudo, agora substituído por energia elétrica.

Conforme a representação inicia-se o processo com a estocagem da areia de fundição e percebe-se a eliminação do óleo no sistema, em seguida, a mesma é direcionada para o silo em sua quantidade predeterminada.

A próxima etapa é a fase do misturador (areia e resinas) e na sequência, a fabricação do molde. Ao mesmo tempo e em paralelo, o forno elétrico já se encontra em trabalho agora, sem a utilização de óleo em seu aquecimento.

Na sequência realiza-se a operação de vazamento do metal líquido nos moldes, depois a quebra dos moldes e por fim, a destinação adequada dos resíduos.

Figura 12: Fluxograma do processo de fundição da empresa C - Depois da adoção do forno elétrico a indução



Fonte: Autor

Na primeira etapa, denominada levantamento dos dados, foi constituído o balanço de massa anual referente á redução das perdas que foram obtidas com base na massa (m) de resíduos sólidos gerados nos processos de fundição de ferro cinzento e nodular conforme a Tabela 11.

Tabela 11: Balanço de Massa – Empresa C

BALANÇO DE MASSA			
Componentes	Local	Unidade Mensal (Kg)	Qtd. Anual (Kg)
Óleo queimado	Fusão	25.000	300.000

Fonte: Autor

Na segunda etapa, realizou-se a avaliação econômica anual. Inicialmente temos que considerar o investimento para aquisição do equipamento denominado Forno elétrico a indução no valor de R\$250.000,00 (duzentos e cinquenta mil Reais) além de gastos com energia elétrica anual no valor de R\$20.000,00 (vinte mil Reais) conforme Tabela 12. O histórico de gastos com manutenção é R\$10.000,00 (dez mil Reais) por ano e não há necessidade de custos com treinamento de pessoal.

Tabela 12: Investimento Inicial – empresa C

TABELA DE INVESTIMENTOS	
Investimento	R\$
	R\$ 250.000,00
Custo c/ energia elétrica KWh (anual)	R\$ 20.000,00
Custo c/ manutenção	R\$ 10.000,00
Investimento Total	R\$ 280.000,00

Fonte: Autor

Ainda, na etapa de avaliação econômica foi observado uma redução de 100% na aquisição de óleo queimado, após a implantação do forno elétrico á indução conforme a Tabela 13.

Tabela 13: Avaliação Econômica – Empresa C

AVALIAÇÃO ECONÔMICA

Componentes	Gasto anual antes		Gasto anual Depois	
	Kg	Valor R\$	Kg	Valor R\$
Óleo queimado	300.000	R\$ 144.000,00	0	R\$ 0,00

Fonte: Autor

Para a análise da viabilidade econômica e ambiental, inicialmente procurou-se correlacionar os dados apurados por meio do balanço de massa e gastos com a aquisição de óleo queimado. Além disso, para que fosse possível a apuração dos ganhos econômicos e ambientais, houve a necessidade da aplicação de análises comparativas entre os dados obtidos na indústria, antes e após a implementação do forno elétrico a indução.

Considerando-se a situação anterior à implementação do forno elétrico, para cada quilograma de ferro fundido pertinente à produção de peças na indústria metalúrgica, havia a necessidade do uso de 0,5 kg ou 0,5 litro de óleo queimado, com o seu respectivo valor de R\$ 0,48 (quarenta e oito centavos de Reais) por quilo. Com as apurações dos dados em um período de 12 meses, pôde-se averiguar o uso de 600.000 Kg de ferro fundido, correspondente à utilização de 300.000 Kg de óleo queimado adquirida para a fusão, equivalendo-se a gastos no valor de R\$ 144.000,00 (cento e quarenta e quatro mil Reais).

No entanto, após adoção do forno elétrico , os gastos com a aquisição de óleo reduziram-se a zero, visto que a indústria metalúrgica passou a utilizar energia elétrica no processo de fusão. A Tabela 13 ilustra o balanço de massa

e o dimensionamento gastos dos anuais, antes e após a implementação do forno elétrico demonstrando um ganho econômico de R\$144.000,00 (cento e quarenta e quatro mil Reais).

A mensuração do cálculo de retorno do investimento para a implantação da prensa considerou o investimento de R\$280.000,00 (duzentos e oitenta mil Reais). Assim, o capital investido será totalmente compensado em três anos e dez meses conforme Tabela 14.

Tabela 14: Cálculo de Retorno de Investimentos – Empresa C

Investimento em Equipamento	280.000					
Prazo de depreciação (anos)	10					
Depreciação Anual	28.000					
Redução de Custo Anual Obtida	144.000					
Depreciação Anual	-28.000					
Base para Cálculo do Imposto de Renda (IR)	116.000					
IRPJ + CSLL (Contrib. Social sobre Lucro)	30,0%					
Valor do IR + CSSL Anual	-34.800					
Redução de Custo Líquida Anual	81.200					
Redução de Custo Líquida Anual	81.200					
Depreciação Anual	28.000					
Geração de Caixa Anual	109.200					
Fluxo de Caixa	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Investimento	-280.000					
Geração de Caixa Anual		109.200	109.200	109.200	109.200	109.200
Fluxo de Caixa Total	-280.000	109.200	109.200	109.200	109.200	109.200
ROI ou TIR	27,4% ao ano					
Payback Descontado a 15% ao ano	3,82 anos					

Fonte: Autor

Na terceira etapa, avaliou-se o ganho ambiental resultante da implementação do forno elétrico. A empresa C deixou de adquirir 300.000 kg por ano de óleo queimado. A Tabela 15 mostra a intensidade de material por compartimento (MIC) e a intensidade de material total (MIT). Com essa ação a empresa deixaria de poluir 79.750 Kg compartimento ar, contabilizando um ganho ambiental total (GA) de 79.750 Kg.

Tabela 15: Avaliação do impacto Ambiental Kg/kg – Empresa C

Avaliação do Impacto Ambiental Kg/kg

Componente	Setor	Compartimentos				Total
		Abiótico	Biótico	Água	Ar	
Óleo queimado	Fusão				3,19	79.750
<i>Mass Intensity per Compartimento (MIC)</i>	25.000	0	0	0	79.750	
<i>Mass Intensity Total (MIT)</i>						79.750

Fonte: Autor

Na última etapa, desenvolveu-se a comparação entre o ganho econômico e ambiental. Os dados mostram que o Material Total Economizado (MTE), considerando os resíduos sólidos e líquidos minimizados 300.000 kg que corresponde a 79.750 kg ao considerar a intensidade total do material no ecossistema.

4.4. EMPRESA D

A empresa D está localizada na grande São Paulo, Santana de Parnaíba e suas instalações estão distribuídas em um terreno de 2000 metros quadrados.

Fundada em 2006 a empresa atua no mercado de ferro fundido branco, aço inox e ligas especiais atendendo a demanda dos mercados de agronegócio, metais sanitários e maquinário pesado respectivamente. Sua capacidade de produção está em 20 toneladas por mês sendo o principal processo o de areia Shell.

A empresa D está classificada como de pequeno porte, contando com 50 funcionários diretos. O respondente foi o Diretor de operações, 45 anos de

idade com formação em tecnologia em mecânica metalúrgica e 25 (vinte e cinco) anos de experiência em metalurgia.

No início, o entrevistado comentou de maneira geral sua visão sobre alguns aspectos ambientais e tecnológicos aplicados no setor de fundição. Citou também, algumas ações que a empresa D pratica em seu dia a dia como, otimização da utilização dos rebolos no setor de rebarbação e a área de resíduos é totalmente isolada para evitar possíveis danos ambientais. De acordo com o entrevistado, assim como na empresa A e B, a indústria de fundição, já é por si só, uma recicladora dos insumos utilizados em seu processo de fundição, mas tem como principal impacto ambiental observado, o descarte da areia de fundição em aterros que neste caso, é de 10%.

O entrevistado vê como principal ação de prática de Produção Mais Limpa a parceria com empresa de construção civil que recebe 90% dos rejeitos que seriam destinados a aterros. Esses rejeitos são utilizados como insumos agregados para composição química de argamassas, isolantes térmicos e tijolos. Notou-se que essa percepção está alinhada com o estudo de Luo *et al.*, (2014) que observaram redução no consumo de energia e redução de custos por meio do reuso de areia residual de fundição em produtos da construção civil.

Especialista em sua área a empresa D é certificada ISO 9001:2008. Atende aos requisitos da legislação ambiental estabelecidos pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Básico (CETESB) no tocante às normas relacionadas com a correta destinação dos resíduos contaminantes e níveis de ruído emitidos pela fábrica, em razão de estar localizada adjacente a uma área residencial urbana e possui o Certificado de Autorização de Destinação de Resíduos Sólidos (CADRIS).

4.4.1. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL E ECONÔMICA – EMPRESA D.

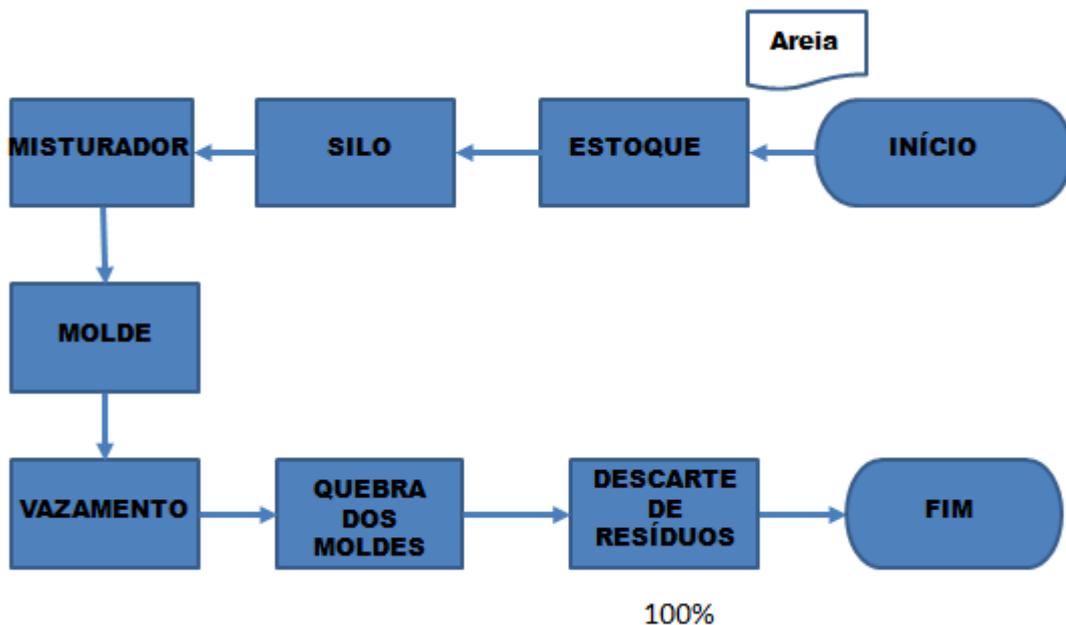
Para identificar a carga poluidora gerada pela empresa D, foram realizadas pelo pesquisador acompanhado do respondente, observações nos processos de fabricação, a saber: fusão de carga de ferro fundido nodular para obtenção de peças fundidas diversas.

O processo de fundição na empresa D, constitui-se fundamentalmente em duas operações principais, nas quais a primeira refere-se à produção do molde, e a segunda tem o propósito de fundir o metal. Frizando-se que para a fusão do metal, necessita-se essencialmente da construção do molde, que recebe o metal líquido, buscando-se a obtenção final da peça produzida. Saliencia-se que, os processos mencionados geram resíduos sólidos, sendo predominante os detritos de areia de fundição, os quais são originados na etapa de desmoldagem das peças de metal.

A Figura 13 representa os processos de movimentação da areia de fundição, desde sua entrada no estoque, até o seu descarte nas caçambas e destinação para o aterro industrial. Ou seja, iniciavam-se os procedimentos com a estocagem da matéria-prima (areia shell), em seguida, a quantidade necessária da mesma era encaminhada para um silo, aguardando o seu direcionamento para um equipamento denominado misturador. Este equipamento tem a função de homogeneizar a areia e seus constituintes químicos em um tempo preestabelecido, de modo que essa mistura fique pronta para ser direcionada à próxima etapa, realizando-se em seguida, a confecção apropriada do molde. A fase seguinte, refere-se ao vazamento, que trata do preenchimento do molde com o metal líquido, a fim de realizar a construção da peça de metal. Na sequência, o molde com a peça de metal integrada passa pela etapa de desmoldagem, que consiste na quebra e separação entre o molde e a peça de metal fabricada. O detritos dos moldes quebrados, que constituem em sua predominância de areia residual eram encaminhados para aterros industriais em um percentual equivalente a 100%

gerando altos custos com fretes e aterros além de um grande passivo ambiental.

Figura 13: Fluxograma do processo de fundição da empresa D - antes da parceria com a indústria de construção civil



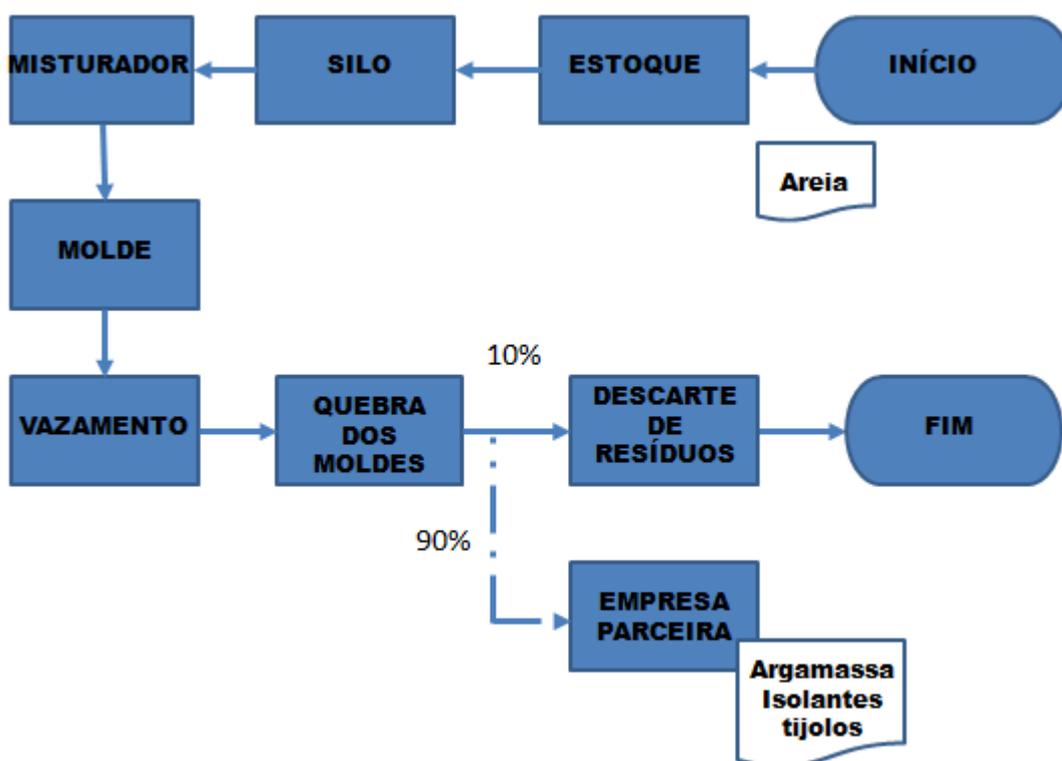
Fonte: Autor

A Figura 14 representa os processos de movimentação apenas da areia, após ao acordo de parceria com a indústria da construção civil, responsável agora, pelo recebimento de 90% da areia de fundição residual gerado no processo de quebra dos moldes. Salienta-se que 10% dos resíduos são enviados a aterros industriais, por uma questão estratégica.

Conforme a representação inicia-se o processo com a estocagem da areia de fundição, em seguida, a mesma é direcionada para o silo em sua quantidade predeterminada. Observa-se não há alteração no fluxo da areia até a etapa de quebra dos moldes.

Na próxima etapa, descarte de resíduos, é que houve alteração de fluxo. Antes do acordo comercial, 100% da areia de fundição residual era destinada a aterros industriais, e após ao acordo, 90% dos rejeitos de areia são destinados agora à empresa de construção civil. Os outros 10% de areia de fundição residual é descartada em aterros industriais.

Figura 14: Fluxograma do processo de fundição da empresa D - depois do acordo de parceria com empresa de construção civil



Fonte: Autor

Na primeira etapa, denominada levantamento dos dados, foi constituído o balanço de massa anual referente à redução das perdas que foram obtidas com base na Massa (M) de resíduos sólidos gerados nos processos de quebra dos moldes, conforme a Tabela 16.

Tabela 16: Balanço de Massa – Empresa D

BALANÇO DE MASSA			
Componentes	Local	Unidade Mensal (Kg)	Qtd. Anual (Kg)
Areia de fundição	Desmoldagem	60.000	720.000

Fonte: Autor

Na segunda etapa, realizou-se a avaliação econômica anual. Inicialmente temos que considerar que não houve investimento para a confecção do acordo de parceria.

Ainda, na etapa de avaliação econômica foi observado uma redução de 90% no descarte de areia de fundição, após a implantação do acordo comercial conforme Tabela 17.

Tabela 17: Avaliação Econômica – Empresa D

Componentes	Gasto anual antes		Gasto anual Depois	
	Kg	Valor R\$	Kg	Valor R\$
Areia residual	720.000	R\$ 345.600,00	72.000	R\$ 34.560,00

Fonte: Autor

Para a análise da viabilidade econômica e ambiental, inicialmente procurou-se correlacionar os dados apurados por meio do balanço de massa e gastos com descarte da areia de fundição residual. Além disso, para que fosse possível a apuração dos ganhos econômicos e ambientais, houve a

necessidade da aplicação de análises comparativas entre os dados obtidos na indústria, antes e após o acordo entre as empresas.

Considerando o processo de fundição da empresa estudada, são necessários para cada quilograma de ferro fundido pertinente à produção de peças na indústria metalúrgica, à necessidade do uso de 3 kg de areia de fundição para cada 1 Kg de peça fundida, com o seu respectivo valor de R\$ 0,48 (quarenta e oito centavos de Reais) por quilo de areia enviada aos aterros.

Com as apurações dos dados em um período de 12 meses, pôde-se averiguar o uso de 240.000 Kg fundidos, correspondente à utilização de 720.000 Kg de areia de fundição, equivalendo-se a gastos no valor de R\$ 345.600,00 (Trezentos e quarenta e cinco mil e seicentos Reais).

No entanto, após ao acordo de parceria com a indústria civil, os gastos com descarte de areia de fundição residual foram reduzidos à 10% do custo anterior. A Tabela 17 ilustra o balanço de massa e o dimensionamento gastos dos anuais, antes e após ao acordo comercial, demonstrando um ganho econômico de R\$311.040,00 (trezentos e onze mil, e quarenta Reais).

Neste caso não há como calcular o retorno sobre o investimento (ROI) pelo fator de não haver investimentos, mas sim será apresentado o *saving* que foi de R\$311.040,00.

Na terceira etapa, avaliou-se o ganho ambiental resultante da redução de rejeitos destinados aos aterros industriais. A empresa D deixou de destinar 648.000 kg por ano de areia residual. A Tabela 18 mostra a intensidade de material por compartimento (MIC) e a intensidade de material total (MIT). Com essa ação a empresa deixaria de poluir 920.160 Kg compartimento abiótico, 926.640 Kg no compartimento água e 19.440 kg no compartimento ar contabilizando um ganho ambiental total (GA) de 1.866.240 Kg.

Tabela 18: Avaliação do impacto Ambiental Kg/kg – Empresa D

Avaliação do Impacto Ambiental Kg/kg

Componente	Setor	Compartimentos				Total
		Abiótico	Biótico	Água	Ar	
Areia de fundição residual	Desmoldagem (kg)	1,42		1,43	0,03	1.866.240
<i>Mass Intensity per Compartmento(MIC)</i>		648.000	920.160	926.640	19.440	
<i>Mass Intensity Total (MIT)</i>						1.866.240

Fonte: Autor

Na última etapa, desenvolveu-se a comparação entre o ganho econômico e ambiental. Os dados mostram que o Material Total Economizado (MTE), considerando os resíduos sólidos e líquidos minimizados 648.000 kg que corresponde a 1.866.240 kg ao considerar a intensidade total do material no ecossistema.

4.5. AVALIAÇÃO INTERCASOS E IDENTIFICAÇÃO DE CAUSALIDADE

No processo de discussão dos dados foi adotada a análise intercasos com o objetivo de constatar semelhanças e diferenças entre os casos pesquisados, conforme fundamenta Miles e Huberman (1994). Foram analisadas semelhanças e diferenças nos resultados observados nos estudos de casos sobre adoção de práticas ambientais no setor de fundição.

Quadro 5 – Análise intercasos – Semelhanças e diferenças

		SEMELHANÇAS/DIFERENÇAS	AÇÃO	COMPONENTE
AVALIAÇÃO ECONÔMICA	EMPRESA A	- Grande investimento financeiro; - Grande ganho financeiro; - ROI em menos de 1 ano.	- Implantação de regenerador mecânico da areia de fundição.	
	EMPRESA B	- Médio investimento financeiro; - Pequeno ganho financeiro; - ROI em mais de 3 anos.	- Implantação de prensa hidráulica separadora de cavacos.	
	EMPRESA C	- Grande investimento financeiro; - Pequeno ganho financeiro; - ROI em mais de 3 anos.	- Substituição de forno cubilô à óleo por forno à indução elétrica.	
	EMPRESA D	- Sem investimento financeiro; - Grande ganho financeiro; - Saving imediato.	- Acordo comercial para parceria com indústria de construção civil.	
AVALIAÇÃO AMBIENTAL	EMPRESA A	- Redução positiva de grande impacto ambiental	- Reuso interno de 70% da areia residual no setor de desmoldagem.	- Areia de fundição
	EMPRESA B	- Redução positiva de grande impacto ambiental	- Reuso de 100% do cavaco gerado no setor de usinagem no processo de fusão de ferro fundido.	- Ferro Gusa
	EMPRESA C	- Redução positiva de pequeno impacto ambiental	- Eliminação do uso de óleo queimado de origem mineral.	- Óleo mineral
	EMPRESA D	- Redução positiva de grande impacto ambiental	- reuso externo da areia de fundição residual gerada no setor de desmoldagem.	- Areia de fundição

Fonte: Autor

De modo geral, as organizações tiveram uma percepção de melhoria da qualidade do produto e do serviço assim como também, melhoria da gestão dos recursos naturais utilizados em seus processos. Da mesma forma constataram-se aumento na *performance* produtiva, ganhos econômicos, fortalecimento da imagem e também, o desenvolvimento pessoal de seus colaboradores.

Na primeira etapa, de identificação dos resíduos e práticas citadas pelos entrevistados, foi constatado que nas empresas A e D as ações são voltadas para a redução do impacto ambiental referentes a areia residual geradas no setor de desmoldagem de suas operações. Para a empresa B a redução na aquisição do ferro gusa é o componente destacado, e na empresa C a

eliminação da aquisição e queima de óleo mineral queimado, em suas atividades, é o foco.

Os resultados resumidos do balanço de massa (m) dos casos estudados conforme Quadro 6, demonstram que todas as empresas obtiveram ganho na quantidade de resíduo gerado, após a adoção de práticas de Produção Mais Limpa. Como destaque, todos os componentes economizados reduziram o consumo de matéria prima na fonte. Observa-se que as empresas obtiveram redução média de 69% em relação ao consumo de matéria prima por meio da adoção de práticas de Produção Mais Limpa.

Quadro 6 – Resumo do balanço de massa dos casos estudados

BALANÇO DE MASSA					
			Antes	Depois	
Empresa	Componentes	Ação	Qtidade anual (Kg)	Qtidade anual (Kg)	Ganho
A	Areia de fundição	Regenerador Mecânico	3.300.000	990.000	70%
B	Ferro Gusa	Prensa Hidráulica	1.020.000	867.000	15%
C	Óleo Mineral	Forno Elétrico	300.000	0	100%
D	Areia de fundição	Acordo de Parceria	720.000	72.000	90%

Fonte: Autor

Na segunda etapa, de avaliação econômica foi observado que nas empresas A e C, foram investidas grande quantias financeiras para aquisição de equipamentos voltados para suas operações. Na empresa B, o entrevistado citou como “médio” investimento aplicado e a empresa D não fez qualquer investimento financeiro para adoção da prática de Produção Mais Limpa.

Os resultados econômicos foram resumidos no Quadro 7, e demonstram que todas as empresas obtiveram ganhos econômicos com a adoção de práticas de Produção Mais Limpa. Observa-se na mesma proporção da redução da economia com a matéria prima primária, as empresas obtiveram

redução média de 69% em relação às custos operacionais por meio da adoção de práticas de Produção Mais Limpa.

Quadro 7 – Resumo da avaliação econômica dos casos estudados

AVALIAÇÃO ECONÔMICA					
Empresa	Componentes	Ação	Antes	Depois	Ganho
			Gasto R\$	Gasto R\$	
A	Areia de fundição	Regenerador Mecânico	R\$ 3.300.000	R\$ 990.000	70%
B	Ferro Gusa	Prensa Hidráulica	R\$ 510.000	R\$ 433.500	15%
C	Óleo Mineral	Forno Elétrico	R\$ 144.000	R\$ 0	100%
D	Areia de fundição	Acordo de Parceria	R\$ 345.600	R\$ 34.560	90%

Fonte: Autor

O Quadro 8, demonstra o Retorno Sobre o Investimento (ROI) resultante do valor aplicado e tempo de retorno de cada caso estudado. É possível observar o alto valor investido no caso da empresa A, Regenerador de areia de fundição para reuso da areia residual, e também o curto tempo de Retorno sobre o investimento. Já no caso de empresa B que investiu em uma prensa hidráulica para reutilização de cavacos, apresentou a menor redução de custo e conseqüente maior tempo de retorno.

No caso da empresa C pode-se observar um grande valor financeiro investido, porém pequena redução de custo, o que gerou um grande tempo de retorno sobre o investimento. O destaque dessa avaliação foi a empresa D, que não realizou investimento financeiro e por meio de acordo comercial de parceria com indústria da construção civil, conseguiu grande valor de *saving*.

Quadro 8 – Resumo do ROI dos casos estudados

Retorno sobre Investimento - ROI				
	Investimento	Redução de custo obtida	Geração de Caixa Anual	PayBack
Empresa A	R\$ 718.000,00	R\$ 2.310.000,00	R\$ 1.638.540,00	08 meses
Empresa B	R\$ 128.400,00	R\$ 76.500,00	R\$ 57.200,00	3 anos 4 meses
Empresa C	R\$ 280.000,00	R\$ 144.000,00	R\$ 109.200,00	3 anos 10 meses
Empresa D	R\$ 0,00	R\$ 311.040,00	R\$ 311.040,00	Saving

Fonte: Autor

Na terceira etapa que visa a avaliação ambiental os resultados demonstram que todas as empresas obtiveram ganhos ambientais com a adoção de práticas de Produção Mais Limpa em suas instalações. Os resultados foram resumidos no Quadro 9, e observa-se que os números são bem expressivos levando em consideração o período anual.

Quadro 9 – Resumo da avaliação ambiental dos casos estudados

AVALIAÇÃO AMBIENTAL							
Material Total Economizado (MET)			Mass Intensity per Compartment (MIC)				
Empresa	Componentes	Quantidade reduzida (Kg)	Abiótico (Kg)	Biótico (Kg)	Água (Kg)	Ar (Kg)	Total (Kg)
A	Areia de fundição	2.310.000	3.280.220	0	3.303.300	69.300	6.652.800
B	Ferro Gusa	153.000	224.910	0	8.990.280	79.560	9.294.750
C	Óleo Mineral	25.000	0	0	0	79.750	79.750
D	Areia de fundição	648.000	920.160	0	926.640	19.440	1.866.240
<i>Mass Intensity Total</i>							24.546.340

Fonte: Autor

Ainda avaliando os resultados ambientais foi observado que os maiores ganhos envolvendo quantidade de material economizado (MET) são as práticas de Produção Mais Limpa envolvendo ações diretas na minimização do passivo areia residual de fundição. Porém em proporção, o ganho ambiental

envolvendo a prática de produção Mais Limpa voltada á redução da queima de óleo mineral, é muito maior do que qualquer outra ação avaliada nesse estudo.

Deve-se destacar neste estudo o trabalho realizado pela empresa B que eliminando a queima de óleo mineral, atingiu o melhor resultado considerando a intensidade de massa por compartimento (MIC).

5. CONCLUSÕES

A elaboração da análise deste trabalho baseou-se no problema de pesquisa que consiste na avaliação econômica e ambiental para mensurar as práticas de Produção Mais Limpa no setor de fundição de pequeno porte, considerando como fator preponderante a metodologia para avaliação ambiental e econômica das ferramentas de eco eficiência, bem como nos objetivos que nortearam esse estudo, assim constatou-se que todos os objetivos propostos inicialmente pela pesquisa, foram alcançados.

Foi realizado uma revisão da literatura pela qual observou-se que alguns trabalhos, apesar de mencionarem questões ambientais, não detalharam a existência de métricas para mensurar os resultados obtidos, deixando de criar uma referência, ou uma orientação, para que as fundições possam melhorar seus impactos ambientais. Concluiu-se que esta pesquisa, por sua vez, preencheu estas lacunas identificadas, uma vez que conseguiu propor um procedimento para obtenção de dados quantitativos que podem servir de referência para mensurar ganhos econômicos e ambientais no setor de fundição.

Realizado o levantamento de dados necessários para a avaliação ambiental que permitiu uma análise dos processos das empresas estudadas e correlação entre os dados coletados das fundições avaliadas (A,B,C e D). Isto permitiu estabelecer análises comparativas entre as empresas.

Muitas fundições já reconhecem as vantagens ambientais da adoção de práticas de Produção Mais Limpa. Entretanto algumas fundições estão receosas, em especial as organizações de pequeno porte, que acabam por optar por continuar com a gestão dos resíduos de forma a tratá-los e destiná-los aos aterros industriais. Assim, o resultado são grandes impactos ambientais gerando prejuízos á sociedade.

Para investirem em práticas de Produção Mais Limpa as fundições de pequeno porte precisam enxergar que tais ações trarão retorno financeiro,

competitividade para a empresa e aumento de *performance* no seu processo industrial. Caso contrário, dificilmente tais investimentos ocorrerão, pois apenas a questão ambiental não é suficiente para encorajar os gestores.

As fundições de grande porte além de já estarem mais preparadas para o atendimento aos requisitos ambientais, também adotam ferramentas de gestão ambiental a partir de uma visão estratégica, buscando simultaneamente um melhor desempenho ambiental e econômico. No entanto as fundições de pequeno porte não dispõem de condições para fazer uso das mesmas ferramentas utilizadas pelas grandes empresas do setor, que objetivam o enfrentamento aos problemas ambientais.

Apesar de existirem diversos benefícios decorrentes das ações voltadas aos aspectos ambientais, a indústria de fundição de pequeno porte encontra inúmeras dificuldades na implantação de práticas de Produção Mais Limpa. Esse fato fica muito nítido baseado na quantidade de pesquisas relacionadas a esse setor da metalurgia. Pouquíssimos artigos abordam a questão ambiental em fundições de pequeno porte, e menos ainda envolvendo avaliação econômica e ambiental. Isso faz com que autores afirmem que práticas ambientais no setor de fundição são aplicáveis até certo ponto, pois elas não estão totalmente relacionadas com o desempenho ambiental, mas sim com questões estratégicas para a empresa (PRASAD; KHANDUJA; SHARMA, 2016).

Neste estudo constatou-se que práticas de Produção Mais Limpa na indústria de fundição de pequeno porte trazem benefícios tanto na questão econômica, quanto na ambiental. Observou-se que as empresas são conscientes do impacto gerado por elas ao meio ambiente e entendem ao apelo ambiental vindo da sociedade. Porém as entrevistas mostraram que as práticas de Produção Mais Limpa observadas neste estudo são adotadas a partir de possíveis retornos financeiros identificados pelos gestores. O investimento em práticas ambientais na realidade são investimentos na melhoria de *performance* industrial que ao mesmo tempo resultam em ganhos ambientais. Em alguns casos o investimento é apenas para atendimento a leis locais. Raras são as práticas adotadas por aspirações puramente ambientais.

Um ponto relevante da pesquisa é o fato de todos os entrevistados afirmarem que em suas percepções, a indústria de fundição já é por si só, um setor reciclador. Segundo os entrevistados o setor de fundição transforma sucata de metal e resíduos, em bens de consumo dentro da própria empresa ou por meio de fornecimento de rejeitos como forma de insumos para outros setores manufatureiros.

Contudo, independente da motivação da adoção da prática, ficou claro neste estudo que há como aliar ganhos econômicos e ambientais na adoção de práticas de Produção Mais Limpa. Nos casos estudados nesta dissertação destaca-se a redução de aquisição de areia de fundição, redução da aquisição de ferro gusa, eliminação de queima de óleo mineral e minimização do descarte de areia de fundição residual. Em todos os casos houveram expressivos ganhos econômicos e também, importante ganho ambiental.

De forma geral qualquer ação que as fundições possam ter, com o objetivo de preservar o meio ambiente terá que apresentar alguma forma de retorno financeiro como fator motivacional. Para tanto se faz necessário uma análise quantitativa destes resultados de maneira a demonstrar que realmente resultaram em ganhos. Caso contrário, dificilmente ações voltadas para a preservação do meio ambiente são bem vistas pelos gestores, que priorizam somente ao atendimento às regulamentações ambientais impostas por lei.

Diante dos resultados obtidos pode-se afirmar que a aplicação de um procedimento de avaliação econômica e ambiental podem influenciar positivamente as fundições a adotarem práticas de Produção Mais Limpa em suas instalações. Pois por meio deste estudo qualitativo foi possível identificar ganhos econômicos além do ganho ambiental. Este resultado contribui de forma significativa com a teoria, abrindo caminhos para novos e mais abrangentes estudos sobre o tema.

Uma limitação dessa pesquisa consiste no fato de que as empresas estudadas são de pequeno porte, pois apresentam números de funcionários inferior a 100. Portanto se faz necessário um estudo mais abrangente com

empresas que possuam um número maior de funcionários que as caracterize como de médio ou grande porte, complementando este estudo.

Outra limitação consiste na impossibilidade de generalização dos dados devido à utilização do método de múltiplos casos. Com isso, sugere-se para futuras pesquisas a aplicação do mecanismo proposto em outros segmentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIFA, Associação Brasileira de Fundição, Anuário **2016**, São Paulo, segundo semestre de 2016.

AJAYI, S. O.; OYEDELE, L. O. Policy imperatives for diverting construction waste from landfill: Experts' recommendations for UK policy expansion. **Journal of Cleaner Production**, v. 147, p. 57-65, 2017.

BASU, S.; ROY, M.; PAL, P. Corporate greening in a large developing economy: pollution prevention strategies. **Environment, Development and Sustainability**, p. 1-31, 2018.

BERTO, R. V. S.; NAKANO, D. N. A produção científica nos anais de encontro nacional de engenharia de produção: um levantamento de métodos e tipos de pesquisa. **Revista Produção. São Paulo**. V.9, n.2, p.64-76, jul/dez. 1999.

BHARDWAJ, B.; KUMAR, P. Waste foundry sand in concrete: A review. **Construction and Building Materials**, v. 156, p. 661-674, 2017.

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS. *Lei n. 12.305, de 02 de Agosto de 2010. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília*. Distrito Federal. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Ato2007-2010/Lei/L12305.htm>. Acesso em 13 Abr. 2018.

BHUPENDRA, K. V.; SANGLE, S. Pollution prevention strategy: a study of Indian firms. **Journal of cleaner production**, v. 133, p. 795-802, 2016.

BNDES, Banco Nacional de Desenvolvimento Social, Relatório Social 2012. Disponível em : <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/Busca/solrsearch?q=fundi%C3%A7%C3%A3o> . Acesso em 05/01/2019.

BURGHILA, D.; BORDUN, C. E.; DORU, M.; SARBU, N.; BADEA, A.; CIMPEANU, S. M. Climate change effects - where to next?. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v.6, p. 405-412, 2015.

CAGNO, E.; TRIANNI, A. Evaluating the barriers to specific industrial energy efficiency measures: an exploratory study in small and medium-sized enterprises. **Journal of Cleaner Production**, v. 82, p. 70-83, 2014.

CAUCHICK, P.; SOUZA, R. O método do estudo de caso na engenharia de produção, p.131-148, 2 ed., **São Paulo**: Campus, 2012.

CRONIN, J.J.; SMITH, J.S.; GLEIM, M.R.; RAMIREZ, E.; MARTINEZ, J. D. Green marketing strategies: an examination of stakeholders and the opportunities they present. **Journal of the Academy of Marketing Science**, Vol. 39 No. 1, pp. 158-174, 2010.

DE BURGOS-JIMINEZ, J.; VAZQUEZ-BRUST, D.; PLAZA-UBEDA, J. Environmental protection and financial performance: an empirical analysis in Wales. **International Journal of Production and Operations Management**, Vol. 33 No. 8, pp. 981-1018, 2014.

DE GUIMARAES, J. C. F.; SEVERO, E. A.; VIEIRA, P. S. Cleaner production, project management and strategic drivers: an empirical study. **Journal of cleaner production**, v. 141, p. 881-890, 2017.

DE GUIMARAES, J. C. F.; SEVERO, E. A.; DE VASCONCELOS, C. R. M. The influence of entrepreneurial, market, knowledge management orientations on cleaner production and the sustainable competitive advantage. **Journal of Cleaner Production**, v. 174, p. 1653-1663, 2018.

DESPEISSE, M.; BALL, P. D.; EVANS, S.; LEVERS, A. Industrial ecology at factory level – a conceptual model. **Journal of Cleaner Production**, v.31, p.30-39, 2012.

DUMONT, B.; FORTUN-LAMOTHE, L.; JOUVEN, M.; THOMAS, M.; TICHIT, M. Prospects from agroecology and industrial ecology for animal production in the 21st century. **Animal**, v. 7, n. 6, p. 1028-1043, 2013.

ECHEGARAY, F.; HANSSTEIN, F. V. Assessing the intention-behavior gap in electronic waste recycling: the case of Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 180-190, 2017.

EISENHARDT, K. M. Building theories from case study research. **Academy of Management Review**. **Mississippi State, Academy of Management**, v.14, n.4, p.532-550, 1989.

ELTAYEB, T. K.; ZAILANI, S.; JAYARAMAN, K. The examination on the drivers for green purchasing adoption among EMS 14001 certified companies in Malaysia. **Journal of Manufacturing Technology Management**, Vol. 21 No. 2, pp. 206-225, 2004.

EXTEBERRIA, M.; PACHECO, C.; MENESES, J. M.; BERRIDI, I. Properties of concrete using metallurgical industrial by-products as aggregates. **Constr Build Mater**, V.24:1594–600, 2010.

FISCHMAN, R. L.; SALZMAN, J. Lessons from pollution control: response to Heller and Hobbs 2014. **Conservation Biology**, v. 29, n. 3, p. 950-952, 2015.

FORE, S.; MBOHWA, C.T. Cleaner production for environmental conscious manufacturing in the foundry industry. **J. Eng. Des. Technol.** V.8, 314–333, 2010.

FORZA, C. Survey research in operations management: a process-based perspective. **International journal of operations & production management**, v. 22, n. 2, p. 152-194, 2002.

GIANNETTI, B. F.; ALMEIDA, C. M. B. V. Ecologia Industrial: Conceitos, Ferramentas e Aplicações. São Paulo, **Editora Edgard Blucher**, 2006.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. **São Paulo**, v. 5, n. 61, p. 16-17, 2002.

GIL, A. C. Estudo de caso. São Paulo, Atlas, 2009.

GRAHAM, S.; MCADAM, R. The effects of pollution prevention on performance. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 36, n. 10, p. 1333-1358, 2016.

GRAHAM, S.; POTTER, A. Environmental operations management and its links with proactivity and performance: a study of the UK food industry. **International Journal of Production Economics**, Vol. 170, Part A, pp. 146-159, 2015.

HAJMOHAMMAD, S.; VACHON, S.; KLASSEN, R. D.; GAVRONSKI, I. Reprint of Lean management and supply management: their role in green practices and performance. **Journal of Cleaner Production**, v. 56, p. 86-93, 2013.

HICKS, C.; DIETMAR, R. Improving cleaner production through the application of environmental management tools in China. *Journal of Cleaner Production*, v.15, n. 5, p.395-408, 2006.

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

HOLTZER, M.; DAŃKO, R.; ŻYMANKOWSKA-KUMON, S. Foundry industry—current state and future development. **Metalurgija**, v. 51, n. 3, p. 337-340, 2012.

IZDEBSKA-SZANDA, I.; ANGRECKI, M.; PALMA, A. Recycling of waste moulding sands with new binders. **Archives of Foundry Engineering**, v. 13, n. 2, p. 43-48, 2013.

JEZIERSKI, J.; JANERKA, K. The Lean Manufacturing tools in polish foundries. **Archives of Metallurgy and Materials**, v. 58, n. 3, p. 937-940, 2013.

JI, S.; WAN, L.; FAN, Z. The toxic compounds and leaching characteristics of spent foundry sands. **Water, Air and Soil Pollution**, v. 132, n. 3-4, p. 347-364, 2001.

KASSINIS, G; VAFEAS, N. Stakeholder pressures and environmental performance. **Academy of Management Journal**, Vol. 49 No. 1, pp. 145-159, 2006.

KISS, I. Research regarding the re-utilization of molding sands prepared with synthetic resins without any complex reclaim operations. **Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara**, v. 10, n. 2, p. 227, 2012.

KRISHNARAJ, R. Control of pollution emitted by foundries. **Environmental chemistry letters**, v. 13, n. 2, p. 149-156, 2015.

LEITE, R. R. Mecanismo para superação das barreiras na implantação da produção mais limpa em pequenas e médias empresas: estudo de múltiplos casos no setor metalúrgico. 2014.

LI, C.; LIU, F.; TAN, X; DU, Y. A methodology for selecting a green technology portfolio based on synergy. **International Journal of Production Research**, Vol. 48 No. 24, pp. 7289-7302, 2010.

LIU, X.; YAMAMOTO, R.; SUK, S. A survey analysis of energy saving activities of industrial companies in Hyogo, Japan. **Journal of cleaner production**, v. 66, p. 288-300, 2014.

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

LUO, H. L.; LIN, D. F.; CHUNG, M. L.; Chen, L. Y. (2014). Waste foundry sand reused as clay replacement for tile manufacture. **International Journal of Transportation Science and Technology**, v. 3, n. 4, p. 339-351, 2014.

MACIEL, C. B.; MORAES, C. A. M.; TEIXEIRA, C. E.; SCHNEIDERD, I. A. Minimização da geração de areia de fundição utilizando ferramentas do programa de produção Mais Limpa. In: **INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION**. 2009.

MADANHIRE, I.; MBOHWA, C. Achieving Environmental Performance through *Design for Environment (DFE)* Process in Foundry Operations. **Procedia CIRP**, v. 40, p. 121-126, 2016.

MAGNANI, A. R.; CAVA, S.; NASCIMENTO, S. S.; BASTOS, S. L.; ROSSI, C.; LEITE, E. Foundry sand recycling in the throughs of blast furnaces: a technical note. **J Mater Process Tech**, v. 159, n. 1, p. 125-134, 2015.

MANAKTOLA, K.; JAUHARI, V. Exploring consumer attitude and behaviour towards green practices in the lodging industry in India. **International Journal of Contemporary Hospitality Management**, Vol. 19 No. 5, pp. 364-377, 2007.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica 3**. São Paulo: Atlas, 2005.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2010.

MARTINSEN, U.; HUGE-BRODIN, M. Environmental practices as offerings and requirements on the logistics market. **Logistics Research**, v. 7, n. 1, p. 115, 2014.

MATSAKAS, L. Green conversion of municipal solid wastes into fuels and chemicals. **Electronic Journal of Biotechnology**, v. 26, p. 69-83, 2017.

MILES, M. B.; HUBERMAN, A. M. **Qualitative data analysis: an expanded sourcebook**. 2^a ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 1994.

MIROSHNYCHENKO, I.; BARONTINI, R.; TESTA, F. Green practices and financial performance: A global outlook. **Journal of Cleaner Production**, v. 147, p. 340-351, 2017.

MITTERPACH, J.; HRONCOVÀ, E.; LADOMERSKÝ, J.; BALCO, K. Environmental evaluation of grey cast iron via life cycle assessment. **Journal of cleaner production**, v. 148, p. 324-335, 2017.

MOHINDRA, K.S. Greening public health conferences: educating ourselves. **Health Education**, Vol. 108 V.4, p. 269-271, 2008.

MORAES, C. A. M.; GASPAR, R.; ROCHA, L. K.; BREHM, F. A.; GARCIA, A. C. Aplicação de Ferramentas do Programa de Produção Mais Limpa na Gestão de Resíduos de uma Fundação. **Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração**, v. 4, n. 1, p. 59, 2007.

MORAES, C. A. M.; KIELING, A. G.; CALHEIRO, D.; PIRES, D. C.; DA SILVEIRA, C. F. B.; GARCIA, A. C.; BREHM, F. A. Elaboração de plano de gerenciamento de resíduos sólidos de empresas de fundição de ferro fundido de pequeno porte. **Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração**, v. 10, n. 4, p. 296, 2013.

MOURA, L. A. A. **Economia ambiental: gestão de custos e investimentos**. São Paulo: Juarez de Oliveira, 2000.

NAWROCKA, D.; BRORSON, T.; LINDHQVIST, T. ISO 14001 in environmental supply chain practices. **Journal of Cleanr Production**; 17:1435-43, 2009.

NETO, B.; KROEZE, C.; HORD, I. J. K. L.; COSTA, C. Modeling the environmental impact of an aluminum pressure die casting plant and options for control. **Environ. Model. Softw.** 23, 147–168, 2008.

NORONHA, D. P.; FERREIRA, S. M. S. P. Revisões de literatura. **Fontes de informação para pesquisadores e profissionais**. Belo Horizonte: UFMG, p. 191-198, 2000.

ODUM, E. P. Ecologia. Rio de Janeiro: **Guanabara**, 1998.

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.; SOUZA, S. M.; BAPTISTA, A. E. Cleaner production associated with financial and environmental benefits: a case study on automotive industry. In: **Advanced Materials Research. Trans Tech Publications**, 2014. p. 873-877.

OLIVEIRA NETO, G. C.; CHAVES, L. E. C.; VENDRAMETTO, O.; SACOMANO, J. B. A Implementação da produção mais Limpa na Indústria de borracha – um estudo de caso. In: **INTERNACIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION**, 2., 2009. Anais Eletrônicos... São Paulo: IWACP, 2009. Disponível em :<<http://www.advancesincleanerproduction.net/second/files/sessoes/5a/2/g.%20c.%20oliveira%20neto%20-%20resumo%20exp.pdf>>. Acesso em: 15 mai. 2018.

OLIVEIRA, J. A. Environmental Management System ISO 14001 factors for promoting the adoption of Cleaner Production practices. **Journal of Cleaner Production**, v. 133, p. 1384-1394, 2016.

PAGONE, E.; SALONITIS, K.; JOLLY, M. Energy and material efficiency metrics in foundries. 15th Global Conference on Sustainable Manufacturing. *Procedia Manufacturing* 21 p.421-428, 2018.

PETROESC, V.; MORARU, R. I. Industrial pollution and control measures in Romanian foundries. **Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara**, v. 9, n. 4, p. 211, 2011.

Pollution Prevention Directive. **U.S. Environmental Protection Agency**, May 13, 1990.

PRASAD, S.; KHANDUJA, D.; SHARMA, S. K. An empirical study on applicability of lean and green practices in the foundry industry. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 27, n. 3, p. 408-426, 2016.

PRASAD, S.; KHANDUJA, D.; SHARMA, S. K. A study on implementation of lean manufacturing in Indian foundry industry by analysing lean waste issues. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture**, v. 232, n. 2, p. 371-378, 2018.

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

RIBEIRO, R. B.; DOS SANTOS, E. L. Análise das Práticas Estratégicas da Logística Verde no Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos. **Revista de Administração da UNIFATEA**, v. 5, n. 5, p. 20-40, 2013.

SANTOS, G.; MENDES, F.; BARBOSA, J. Certification and integration of management systems: the experience of Portuguese small and medium enterprises. **Journal of cleaner production**, v. 19, n. 17-18, p. 1965-1974, 2011.

SANTOS, R. N. M.; KOBASHI, N. Y. Bibliometria, cientometria, infometria: conceitos e aplicações. 2009.

SEBRAE, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, **boletim estatístico de micro e pequenas empresas**, Observatório do SEBRAE, Brasília, primeiro semestre de 2012.

SEVERO, E. A.; DE GUIMARAES, J. C. F.; DORION, E. C. H. Cleaner production and environmental management as sustainable product innovation antecedents: A survey in Brazilian industries. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 87-97, 2017.

SILVA, T. C.; CHEGATTI, S. Comparativo entre os regulamentos existentes para a reutilização de resíduos de fundição. **ABIFA**, 2007.

SUK, S.; LIU, X.; SUDO, K. A survey study of energy saving activities of industrial companies in the Republic of Korea. **Journal of Cleaner Production**, v. 41, p. 301-311, 2013.

TAEKO, A.; TAKAYUKI, M. "Ecological Rucksack" of High-Definition TVs. **Materials Transactions**, v.46, n.12, p.2561-2566, 2005.

TORRES, A.; BARTLETT, L.; PILGRIM, C. Effect of foundry waste on the mechanical properties of Portland Cement Concrete. **Construction and Building Materials**, v. 135, p. 674-681, 2017.

TRIANNI, A.; CAGNO, E.; DE DONATIS, A. A framework to characterize energy efficiency measures. **Applied Energy**, v. 118, p. 207-220, 2014.

UNIDO/UNEP (United Nations Industrial Development Organization / United Nations Environment Programme). **Cleaner production assessment manual. Part One**. Introduction to cleaner production, 1995.

VAN BERKEL, R. Cleaner production and eco-efficiency. In: MARINOVA, D.; ANNANDALE, D.; PHILLIMORE, J. **The International Handbook On Environmental Technology Management**. Edward Elgar, pp. 67-92, 2006.

VAZ, C. R.; FAGUNDES, A. B.; OLIVEIRA, I. L. Proposta de Integração da ISO 14001 e PML: Caso UTFPR-PG. **Revista eletrônica Produção & Engenharia**, v.2, n.1, p.96-109, 2009.

WANG, Y.; CANNON, F.S.; SALAMA, M.; GOUDZWAED, J.; FURNESS, J. C. Characterization of hydrocarbon emissions from green sand foundry core binders by analytical pyrolysis. **Environ. Sci. Technol.** 41, 7922–7927, 2007.

WUPPERTAL INSTITUT FUR KLIMA, UMWLED, ENERGIE, disponível em: <HTTP://www.wupperinst.org/en/projects/topics-online/mips>, Acesso em 11/01/2019.

YANG, C. L.; LIN, S. P., CHAN, Y. H.; SHEU, C. Mediated effect of environmental management on manufacturing competitiveness: an empirical study. **International Journal of Production Economics**, v. 123, n. 1, p. 210-220, 2010.

YAZOGHLI-MARZOUK, O; VULCANO-GREULLET, N.; CANTEGRIT, L.; FRITEYRE, L.; JULLIEN, A. Recycling foundry sand in road construction–field assessment. **Construction and Building Materials**, v. 61, p. 69-78, 2014.

YILMAZ, O.; ANCTIL, A.; KARANFIL, T. LCA as a decision support tool for evaluation of best available techniques (BATs) for cleaner production of iron casting. **Journal of Cleaner Production**, v. 105, p. 337-347, 2015.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. 3. Ed. São Paulo: Bookman 2003.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman 2010.

ZHANG, H.; YANG, F. On the drivers and performance outcomes of green practices adoption: an empirical study in China. **Industrial Management & Data Systems**, v. 116, n. 9, p. 2011-2034, 2016.

ZHANG, H.; YANG, S.; BI, J. 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, Q.; SARKIS, J.; LAI, K. Examining the effects of green supply chain management practices and their mediators in performance improvements. **International Journal of Production Research**, Vol. 50 No. 5, pp. 1377-1394, 2012.

APÊNDICE A

Formulário de entrevista semi estruturada para análise econômica e ambiental das práticas de Produção Mais Limpa da indústria de fundição.

Parte 1: Dados da empresa e entrevistado.

Empresa: _____ Localidade: _____ Data: _____

Tempo de mercado: _____ N. de funcionários _____

Nacionalidade: _____ Principais clientes: _____

Tem filial?: _____

Principais produtos: _____

Possui certificação ou gestão Ambiental: _____

Entrevistado: _____

Cargo: _____

Tempo de experiência: _____ Tempo na empresa: _____

Formação Acadêmica: _____

Formação ou treinamento na área ambiental: _____

APÊNDICE A

Formulário de entrevista semi estruturada para análise econômica e ambiental das práticas de Produção Mais Limpa da indústria de fundição.

Parte 2 - Avaliação Econômica

Qual a prática adotada?(1) _____

Qual o investimento inicial? _____

Qual a prática adotada?(2) _____

Qual o investimento inicial? _____

Quais os ganhos financeiros identificados?(1) _____

Quais os ganhos financeiros identificados?(2) _____

Há gastos com treinamentos para manter a prática?(1) _____

Há gastos com treinamentos para manter a prática?(2) _____

Quais os gastos com manutenção da prática adotada? (1) _____

Quais os gastos com manutenção da prática adotada? (2) _____

APÊNDICE A

Formulário de entrevista semi estruturada para análise econômica e ambiental das práticas de Produção Mais Limpa da indústria de fundição.

Parte 3 - Avaliação Ambiental

Insumos (1): _____ Quantidade utilizada: _____

Insumos (2): _____ Quantidade utilizada: _____

Insumos (3): _____ Quantidade utilizada: _____

Insumos (4): _____ Quantidade utilizada: _____

Resíduos (1): _____ Quantidade utilizada: _____

Resíduos (2): _____ Quantidade utilizada: _____

Resíduos (3): _____ Quantidade utilizada: _____

Resíduos (4): _____ Quantidade utilizada: _____

Ganhos observados após a adoção da prática de Produção Mais Limpa: _____
