



AVALIAÇÃO ECONÔMICA E AMBIENTAL POR MEIO DA IMPLEMENTAÇÃO DE PROCESSOS DE RECICLAGEM E REUSO DE AÇOS INOXIDÁVEIS EM UMA INDÚSTRIA DO SETOR METAL MECÂNICO EM SÃO PAULO

Auro de Jesus Cardoso Correia

aurojc@gmail.com

UNINOVE

Henrricco Nieves Pujol Tucci

henrricco@gmail.com

UNINOVE

Marcos Geraldo Gomes

mggomes1970@gmail.com

UNINOVE

Geraldo Cardoso de Oliveira Neto

geraldo.prod@gmail.com

UNINOVE

Resumo: Na indústria do setor metal mecânico, a aplicação do aço inoxidável para a produção de bens de consumo, relaciona-se a um dos materiais mais comumente utilizados nos processos fabris deste segmento de mercado. No entanto, o uso deste tipo de material primário demanda da natureza a extração em grandes proporções de recursos naturais finitos. Ademais, há de se destacar nos processos fabris, a geração de quantidades consideráveis de resíduos metálicos, o que denota preocupações de degradações ao meio ambiente e riscos à saúde da população, caso sejam direcionados à natureza de forma inadequada. Por outro lado, no que compete às vantagens de uso do aço inoxidável, enfatiza-se a capacidade favorável deste material quando reciclado adequadamente, o que possibilita a obtenção de ganhos econômicos e ambientais ao reutilizá-lo para a fabricação de novos produtos. Diante ao exposto, este estudo científico tem por objetivo realizar o levantamento dos resíduos de aços inoxidáveis gerados

nos processos fabris de uma indústria do setor metal mecânico, localizada em São Paulo. Em específico, buscou-se avaliar e mensurar os ganhos econômicos e ambientais, por meio da implementação de processos de reciclagem e reuso dos resíduos de aços inoxidáveis gerados na Companhia em estudo. O método utilizado, refere-se ao estudo de caso, realizado por meio de observações e acesso a dados documentais na Companhia. Para a avaliação econômica, aplicou-se os cálculos de Retorno Sobre os Investimentos (ROI) e a apuração do prazo de retorno do capital investido. Em termos de avaliação ambiental, procurou-se realizar a quantificação da matéria-prima utilizada nos processos de fabricação de peças e produtos, juntamente com a apuração do balanço de massa dos resíduos gerados. Com relação aos resultados obtidos, pôde-se constatar atrativos retornos financeiros dentro de prazos relativamente curtos, além de contribuições para a mitigação da degradação ambiental.

Palavras Chave: Resíduos Sólidos - Aço Inoxidável - Avaliação Econômica - Avaliação Ambiental

-

1. INTRODUÇÃO

Na perspectiva dos grandes desafios para a sociedade moderna e os segmentos industriais da atualidade, destaca-se a geração e a disposição ambientalmente adequada dos chamados resíduos sólidos. Para esta classe de resíduos, aos quais também se enquadram os detritos oriundos dos metais, há de se destacar que, quando descartados de maneira inadequada podem ocasionar sérios riscos ao meio ambiente, além do agravamento e danos à saúde da população. Em contrapartida, sob o ponto de vista social e econômico, estes resíduos podem apresentar oportunidades comerciais para a economia, por questão de valores agregados à matéria-prima (ABDI, 2013).

Ainda no contexto ambiental e socioeconômico, conforme Betts (2008), os resíduos sólidos oriundos dos metais, ao mesmo tempo em que apresentam potenciais riscos de impacto ambiental, podem também gerar vantagens econômicas, devido às matérias-primas contidas nos mesmos. Por outro lado, caso sejam direcionados à natureza inadequadamente, oferecem sérios riscos elevados de degradação do meio ambiente.

Nos processos industriais pertinentes ao setor metal mecânico, as aplicações do aço e ferro para a fabricação de peças e equipamentos, referem-se aos materiais mais utilizados neste setor industrial. Dentre as aplicações práticas de uso deste tipo de material, denota-se a sua capacidade de reuso, visto que os resíduos metálicos gerados podem retornar ao ciclo produtivo. Neste sentido, destaca-se a sua capacidade de processamento, pois quando convertidos em matérias-primas secundárias podem vir a promover vantagens econômicas, além da redução da extração da matéria-prima na natureza (MICHAELIS; JACKSON, 2000).

Em contrapartida, embora o uso de metais seja de muita importância para as indústrias deste segmento, a sua utilização nas etapas fabris não pode ser considerada como pertencente a processos limpos, devido as dificuldades de eliminação dos resíduos gerados. Neste sentido, denota-se a obrigação do desenvolvimento de estratégias para que se possa reaproveitar este tipo de detrito, buscando-se a obtenção de vantagens econômicas e ambientais (BYRNE; SCHOLTA, 1993).

Em face às questões regulatórias e legislativas sobre as preocupações com a preservação ambiental e atividades socioeconômicas, potências mundiais buscaram criar instrumentos regulatórios e leis diretivas com o intuito de determinar o tratamento e a destinação correta dos resíduos sólidos, procurando-se reduzir a quantidade de materiais poluidores ao meio ambiente (ENVIRONMENT AGENCY, 2009).

No que se refere à legislação no Brasil, evidencia-se a Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010 – Política Nacional de Resíduos Sólidos ‘PNRS’, a qual inclui os resíduos metálicos, retratando a obrigatoriedade da destinação correta, visando a proteção do meio ambiente e consequentes ganhos econômicos (BRASIL, 2010).

Em consonância ao explanado, Rogers e Tibben-Lembke (1998) destaca a importância do gerenciamento adequado dos resíduos sólidos, compreendendo-se por processos de planejamento, implementação e controle dos produtos acabados, descartados ou rejeitados, buscando-se estabelecer alternativas ambientalmente adequadas, além de priorizar o retorno destes materiais aos ciclos das cadeias produtivas.

No que compete à literatura científica, destaca-se a carência de pesquisas com o foco na realização de avaliações econômicas e ambientais, por meio da reciclagem e reuso, em específico ao setor metal mecânico.

Com base ao exposto, esta pesquisa científica tem como principal objetivo realizar o levantamento dos resíduos de aços inoxidáveis gerados nos processos fabris de uma indústria do setor metal mecânico, localizada em São Paulo.

Em específico, buscou-se avaliar e mensurar os ganhos econômicos e ambientais, por meio da implementação de processos de reciclagem e reuso dos resíduos de aços inoxidáveis gerados na Companhia.

As demais seções da presente pesquisa científica, encontram-se compostas pela revisão da literatura, metodologia de pesquisa, estudo de caso, resultados e considerações finais.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Nesta seção busca-se apresentar a revisão da literatura direcionada à reutilização dos metais nos processos fabris da indústria do setor metal mecânico.

2.1. REUTILIZAÇÃO DOS METAIS NOS PROCESSOS FABRIS DA INDÚSTRIA DO SETOR METAL MECÂNICO

No que compete aos processos fabris que envolvem a utilização de metais (aço e ferro), enfatiza-se a importância de se estudar a possibilidade de ganhos econômicos e ambientais. Neste sentido, questões econômicas aliadas a ganhos ambientais sob a perspectiva de reutilização dos resíduos gerados devem seguir um ciclo harmonioso, tornando-se viável para a indústria e ao meio ambiente (SUH; KAGAWA, 2010).

Nos processos fabris do setor metal mecânico, a utilização dos metais (aço e ferro) é considerada muito comum devido a capacidade técnica e de desempenho que esses materiais possuem. Além disso, destaca-se a capacidade de reutilização destes materiais, desde que sejam reciclados adequadamente. A capacidade de reuso destes materiais pode ser uma garantia para a mitigação da extração da matéria-prima primária da natureza (MICHAELIS; JACKSON, 2000).

De acordo com Powel e Craighill (1997), a correta reciclagem e o reuso de materiais como o aço, não traz apenas a redução do impacto ambiental, traz também a eficiência em termos de processamento do material secundário, obtendo-se como consequência a economia para a planta industrial.

Segundo os autores Yang, Hong e Modi (2011), os processos industriais pertinentes à fabricação de peças e equipamentos oriundos dos metais, obrigatoriamente devem manter a relação direta com a redução de perdas ambientais e ações que focam no aumento da eficácia econômica. Os autores ainda destacam que a indústria precisa se reinventar, modernizar e melhorar significativamente suas operações produtivas.

Apesar da importância do retorno financeiro para as indústrias específicas que utilizam os metais em seus processos fabris, as mesmas foram iniciadas em muitas nações por tempos longínquos. No entanto, nos tempos atuais, com o desenvolvimento acelerado e o alto volume produtivo de peças, produtos e equipamentos, as autoridades e pesquisadores de vários países perceberam a existência de perigos de degradações ambientais e riscos à saúde em larga escala, denotando-se preocupações com a implementação de novas estratégias que possam colaborar com a redução dos riscos ao meio ambiente (SEKHAR; MAHANTI, 2006).

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

O presente estudo científico é classificado como de natureza empírica, aplicado com o propósito de adquirir informações relevantes no contexto da vida real, sobretudo quando os dados não se apresentam evidentes de uma maneira geral (YIN, 2010).

Na perspectiva da abordagem, trata-se de uma pesquisa quantitativa, pois as variáveis em análise, em sua maioria são consideradas mensuráveis (MARTINS, 2012).

O estudo científico tem o desfecho de caráter exploratório, indicado por Sellitz et al (1974) quando o entendimento sobre o tema não permite concentrar definições conclusivas, incondicionalmente.

Do ponto de vista do método adotado, a pesquisa científica refere-se ao estudo de caso, desenvolvido em uma indústria de médio porte do setor metal mecânico, que se encontra instalada no sudeste do Brasil, localizada no Estado de São Paulo.

De acordo com Yin (2010), o estudo de caso possibilita aos pesquisadores a obtenção de uma visão ampliada do cenário ou segmento em estudo, além de tornar explícito as informações de natureza empírica no universo de fenômenos contemporâneos.

Dentre as áreas de atuação da Companhia em estudo, a mesma é responsável pela fabricação de materiais de bens de consumo como filtros metálicos e peneiras granulométricas, dos quais são direcionados às empresas do setor industrial químico.

No que se refere à coleta de dados, buscou-se realizar observações nos processos e atividades da linha de produção da Companhia em estudo, além da obtenção de informações por meio de dados documentais.

Na Companhia em estudo foram levantados os investimentos em infraestrutura e maquinários para viabilizar a implementação dos processos de reciclagem e reuso dos resíduos de aços inoxidáveis gerados na linha de produção da indústria.

Realizou-se também o balanço de massa da matéria-prima utilizada nos processos fabris da Companhia, além do balanço de massa dos resíduos gerados, por conseguinte, dimensionando-os em um período anual.

Além disso, apurou-se os ganhos econômicos anuais com a implementação dos processos de reciclagem e reuso, além do levantamento dos custos anuais envolvidos. Diante ao exposto, pôde-se calcular o Retorno Sobre os Investimentos (ROI) e o período para o retorno do capital investido. Conforme Martins (2000), os cálculos relacionados ao ROI representam a maneira mais eficaz de investigar o grau de sucesso de um empreendimento.

4. ESTUDO DE CASO

O presente estudo de caso foi realizado em uma indústria do setor metal mecânico, considerada de médio porte, responsável pela fabricação de materiais de bens de consumo como peneiras granulométricas e filtros metálicos, os quais são direcionados às indústrias clientes do mercado industrial químico.

Neste segmento de metalurgia, a Companhia em seus processos fabris gera quantidades consideráveis de detritos oriundos de aços inoxidáveis, principalmente nas etapas de soldagens de peças e produtos, portanto, sendo o cavaco de aço inoxidável, o resíduo avaliado na indústria em estudo.

Buscando-se compreender os processos anteriores à implementação de quaisquer soluções de reciclagem e reuso, pôde-se constatar que a Companhia em seus processos fabris tinha como rotina a seguinte sequência lógica funcional:

- Iniciava-se os processos com a aquisição do material, estoque do matéria-prima primária, realimentação da linha de produção, etapa de fabricação (linha de produção), produtos finais direcionados aos clientes.

• No entanto, há de se destacar que os detritos gerados na linha de produção eram armazenados como sucata, e posteriormente retirados por empresas terceirizadas que adquiriam estes resíduos classificados como resíduos de baixo valor de mercado.

Com o intuito do reaproveitamento dos resíduos gerados na linha de produção e a consequente geração de valores ambientais e econômicos, os dirigentes da Companhia resolveram investir na implantação de processos de reciclagem e reuso. Após essas implementações, a Companhia adotou a seguinte sequência lógica funcional:

• Os resíduos de aço inoxidável são direcionados à etapa de armazenagem, em seguida, passam por uma etapa de tratamento da sucata, os quais são lavados, eliminando-se as impurezas, por conseguinte, aplicando-se na sequência, as etapas de prensagem.

• A próxima etapa refere-se aos processos de reciclagem, de modo que os resíduos são colocados em fornos de alta temperatura, transformando-os em metais líquidos.

• Na etapa final de reciclagem, o aço inoxidável líquido é transformado em lingotes, laminados e bobinas, até as dimensões necessárias para a fabricação de novas peças e produtos.

• Por conseguinte, este material secundário é estocado para que se possa inseri-lo na etapa de realimentação da linha, como também é feito com o material primário.

A Figura 1 ilustra o funcionamento dos processos fabris da Companhia, antes e após a implantação das etapas de reciclagem e reuso dos resíduos de aços inoxidáveis.

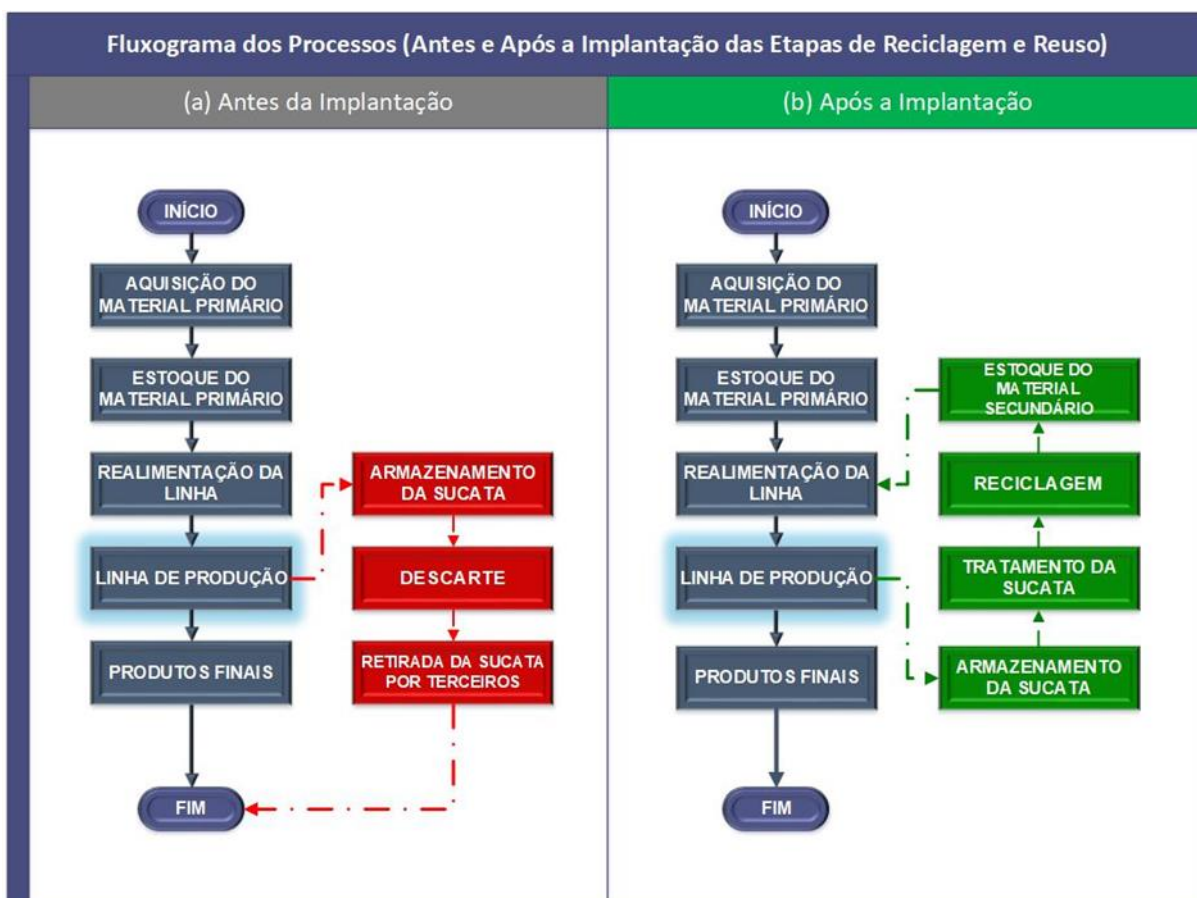


Figura 1: Fluxograma dos processos, antes e após a implantação das etapas de reciclagem e reuso

Fonte: Os Autores

5. RESULTADOS

Nesta seção apresenta-se os resultados do estudo de caso, em termos de análise do balanço de massa e avaliação dos ganhos ambientais em relação aos resíduos de aços inoxidáveis, além da análise e descrição da avaliação econômica aplicada na Companhia em estudo.

5.1. ANÁLISE E DESCRIÇÃO DO BALANÇO DE MASSA E AVALIAÇÃO DOS GANHOS AMBIENTAIS EM RELAÇÃO AOS RESÍDUOS DE AÇOS INOXIDÁVEIS

No que se refere ao balanço de massa realizado na Companhia, o consumo mensal de redes de aço inoxidável para a fabricação de peneiras granulométricas e filtros metálicos foi mensurado em 2500 kg de matéria-prima virgem.

Neste sentido, a perda de material, resultante das operações de soldagem foi mensurada em 1375 kg por mês.

Após as implementações dos processos de reciclagem para a recuperação e reuso dos resíduos de aços inoxidáveis, a perda líquida dos materiais foi reduzida para 250 kg por mês.

Levando-se em consideração, que após a implementação dos processos de reciclagem e reuso do aço inoxidável nas etapas fabris da Companhia houve o reaproveitamento de 1125 kg por mês da matéria-prima secundária, pôde-se mensurar os valores anuais deste material utilizado na linha de produção da Companhia.

Portanto, ao redimensionar o balanço de massa em um período anual em relação a quantidade de material (aço inoxidável) reaproveitado pela Companhia, pôde-se mensurar a ordem de 13500 kg/ano, que se refere à matéria-prima secundária aplicada na indústria.

Essa nova estratégia garante uma considerável economia de material, não havendo a necessidade do consumo da matéria-prima primária nesta quantidade explicitada anualmente.

5.2. ANÁLISE E DESCRIÇÃO DA AVALIAÇÃO ECONÔMICA APLICADA NA COMPANHIA EM ESTUDO

Em termos de análise das vantagens econômicas, levou-se em consideração o levantamento do investimento total realizado, o dimensionamento das receitas anuais, além dos cálculos pertinentes ao Retorno Sobre o Investimento (ROI) e a apuração do período para o retorno do capital investido.

Para os investimentos necessários à implementação dos processos de reciclagem e reuso, a Companhia desembolsou o valor total de R\$ 51.509,00, que se refere à aquisição de fornos de alta temperatura, prensas de compactação dos resíduos, reservatórios de lavagem dos detritos, além de investimentos em infraestrutura no setor de reciclagem.

A economia de retorno anual bruta após essa implementação foi mensurada no valor de R\$ 444.316,00, salientando-se que, a Companhia ao utilizar o matéria-prima reciclada, deixou de consumir 13500 kg de material primário oriundo do aço inoxidável.

Levando-se em consideração os custos anuais envolvidos (recursos humanos, eletricidade, manutenções da área) no valor de 110.096,00, a receita líquida anual foi mensurada no valor de R\$ 334.220,00.

Após a apuração destes valores, pôde-se calcular o Retorno Sobre os Investimentos (ROI) de 457% ao ano e o período para o retorno do capital investido em um prazo de 4 meses.

A tabela 1 ilustra o detalhamento dos cálculos realizados sobre o ROI e o período para o retorno do capital investido.

Tabela 1: Cálculo do Retorno Sobre os Investimentos (ROI)

Base de Cálculo para o Retorno sobre os Investimentos (ROI)						
Investimento na Implementação dos Processos	R\$ 51.509,00					
Prazo de depreciação (anos)	10					
Depreciação Anual	R\$ 5.151,00					
Redução de Custo Anual Obtida	R\$ 334.220,00					
Depreciação Anual	R\$ 5.151,00					
Base para cálculo do Imposto de Renda (IR)	R\$ 329.069,00					
IRPJ + CSLL (Contrib. Social Sobre Lucro)	30%					
Valor do IR + CSLL Anual	-R\$ 98.721,00					
Redução de Custo Líquida Anual	R\$ 230.348,00					
Redução de Custo Líquida Anual	R\$ 230.348,00					
Depreciação Anual	R\$ 5.151,00					
Geração de Caixa Anual	R\$ 235.499,00					
Fluxo de Caixa	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Investimento	-R\$ 51.509,00					
Geração de Caixa Anual		R\$ 235.499,00	R\$ 235.499,00	R\$ 235.499,00	R\$ 235.499,00	R\$ 235.499,00
Fluxo de Caixa Total	-R\$ 51.509,00	R\$ 235.499,00	R\$ 235.499,00	R\$ 235.499,00	R\$ 235.499,00	R\$ 235.499,00
ROI ou TIR	457% ao Ano					
PayBack Descontado a 15% ao Ano	0,333 Anos					

Fonte: Dados da Companhia

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Depreende-se da interpretação da presente pesquisa, que o crescimento na geração de resíduos de metais industriais, de fato, refere-se a uma condição presente nos processos pertinentes às indústrias do segmento metal mecânico, tendendo-se a aumentar no decorrer dos anos.

Além disso, a fabricação de peças e produtos deste setor promove consideráveis extrações de recursos materiais primários, o que pode gerar desequilíbrios ambientais, visto que se tratam de recursos finitos da natureza.

No que diz respeito, exclusivamente à viabilidade econômica, pôde-se observar ganhos significativos com a implementação dos processos de reciclagem e reuso de resíduos de aços inoxidáveis. Após o investimento inicial de R\$ 51.509,00, além do levantamento de receitas e custos em um período anual, pôde-se constatar que o Retorno Sobre os Investimentos (ROI) indicou o percentual atrativo de 457 % ao ano, revelando um retorno para o capital investido em um prazo de 4 meses, podendo-se considerar um prazo relativamente curto em vista da magnitude do investimento e sua respectiva rentabilidade.

Os resíduos de aços inoxidáveis, que anteriormente eram vendidos como sucatas de baixo valor de mercado, após os processos de reciclagem e reuso, agora são considerados materiais secundários que contribuem tanto para retornos financeiros como para ganhos ambientais.

Além disso, após a implementação e investimento nos processos de reciclagem e reuso, a Companhia passou a ter total controle sobre a geração de seus resíduos, diferenciando-se das etapas anteriores à implementação, pois a mesma não tinha o controle sobre os resíduos que eram direcionados às empresas terceirizadas.

Por conseguinte, por meio da utilização da matéria-prima secundária, pôde-se comprovar uma redução de 13500 kg de materiais primários ao ano que não precisam ser adquiridos de indústrias que comercializam este tipo de material, o que pode contribuir com a mitigação da extração deste tipo de recurso finito na natureza.

Em termos de legislação vigente, a Companhia em estudo encontra-se em consonância com a 'Política Nacional de Resíduos Sólidos', visto que, a implementação dos processos de reciclagem e reuso contribui com a redução de riscos ao meio ambiente, além de promover ganhos econômicos.

Para pesquisas futuras em relação à continuidade do tema, sugere-se a aplicação de estudos de múltiplos casos neste mesmo segmento de mercado, buscando-se ampliar e consolidar novos resultados.

7. REFERÊNCIAS

- ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Logística reversa de equipamentos elétricos e eletrônicos - Análise de Viabilidade Técnica e Econômica**, Brasília, novembro de 2013. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl/1362058667.pdf>> Acesso em: 13 Maio. 2019.
- BETTS, K. Producing Usable Materials, From e-Waste. **Environmental Science Technology**, v. 42, p. 6782-6873, 2008.
- 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/Atos2007-2010/Lei/L12305.htm>. Acesso em 13 Maio. 2019.
- BYRNE, G.; SCHOLTA, E. Environmentally clean machining processes: a strategic approach. **CIRP Annals-Manufacturing Technology**, v. 42, n. 1, p. 471-474, 1993.
- ENVIRONMENT AGENCY. **Waste and Electronic Equipment (WEEE)**, 2009. Disponível em <<http://www.environment-agency.gov.uk/business/topics/waste/32084.aspx>> Acesso em: 16 Maio. 2019.
- MARTINS, E. **Contabilidade de Custos**. ed. 7, São Paulo: Editora Atlas, 2000.
- MARTINS, R. A. **Abordagens quantitativas e qualitativas**. In: CUACHICK MIGUEL, P.A.C / Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção, Gestão de Operações. ed. 2, São Paulo: Elsevier, 2012.
- MICHAELIS, P.; JACKSON, T. Material and energy flow through the UK iron and steel sector. Part 1:1954-1994. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 29, n.1-2, p. 131-156, 2000.
- POWEL, J. C.; CRAIGHILL, A. L. Application of LCA to recycling and waste management. **Environmental Protection Bulletin**, v. 48, n. 1, p. 3-7, 1997.
- ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. S. **Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices** - Reno: Reverse Logistics, Executive Council, 1998.
- SELLTZ, C. **Métodos de pesquisa nas relações sociais**. São Paulo - Ed: Pedagógica - Universitária, 1974.
- SEKHAR, H.; MAHANTI, R. Confluence of six sigma, simulation and environmental quality; an application in foundry industry. **Manag. Environ. Qual. Int.**, v. 17, n. 1, p. 170-183, 2006.
- SUH, S.; KAGAWA, S. Industrial Ecology and Input-Output Economics: A Brief History Handbook of Input-Output Economics in Industrial Ecology. **Springer Science+Business Media B.** v. 8, p. 882-885, 2010.
- YANG, M. G. M.; HONG, P.; MODI, S. B. Impact of lean manufacturing and environmental management on business performance: an empirical study of manufacturing firms. **International Journal of Production Economics**, v. 129, n. 2, p. 252-261, 2011.
- YIN, R. K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.