

# **SUBSTITUIÇÃO DA CALDEIRA À LENHA PELA CALDEIRA A GÁS COMO PRÁTICA DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA FABRICANTE DE PRODUTOS VETERINÁRIOS**

**Silvio Mauricio de Souza (UNINOVE)**

silvio.bn.souza@gmail.com

**Cristina Silveira da Silva (UNINOVE)**

cristinabts@yahoo.com.br

**Geraldo Cardoso de Oliveira Neto (UNINOVE)**

geraldo.prod@ig.com.br

**Elesandro Antonio Baptista (UNINOVE)**

elesandro@elesandroab.eng.br



*A produção mais limpa tem expandido suas fronteiras. As empresas tanto nacionais quanto internacionais estão preocupadas com os impactos ambientais causados pelos seus processos de fabricação e encontram na produção mais limpa uma forma de mitigá-los ou até mesmo eliminá-los. Para que as empresas possam melhorar seus processos, especificamente na questão ambiental, sugere-se a avaliação do impacto ambiental. Este artigo apresenta um estudo de caso realizado em uma empresa do segmento veterinário que realizou a substituição da caldeira à lenha pela caldeira a gás, sendo uma prática de produção mais limpa. O método de pesquisa foi estudo de caso exploratório, desenvolvido por meio de observação na empresa e para análise avaliou-se o impacto ambiental por meio da ferramenta Material Intensity Factor (MIF). Os resultados demonstraram que as influências da comunidade local, que reclamavam da fuligem emitida pela caldeira à lenha impulsionaram a empresa a substituição pela caldeira a gás. Com isso, a empresa obteve significativa melhoria no impacto ambiental, concomitantemente resultou na satisfação da comunidade local. Por outro lado, ocorreu aumento nos custos de produção, uma vez que o processo a gás mostrou-se mais caro que o processo à lenha.*

*Palavras-chave: Produção Mais Limpa, Caldeiras, Avaliação Econômica e Ambiental*

## 1. Introdução

As sociedades em geral, bem como órgãos públicos estão cada vez mais preocupados com os impactos causados ao meio ambiente e ao próprio bem estar de todos, com isso as empresas estão atuando em seus processos a fim de reduzir o consumo dos recursos naturais e minimizando os impactos ambientais causados na natureza. Em 1989 a UNEP (United Nations Environmental Programme) desenvolveu e definiu pela primeira vez o tema Produção mais Limpa (CP). Produção mais Limpa é a aplicação de uma estratégia técnica, econômica e ambiental integrada aos processos e produtos, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, através da não geração, minimização ou reciclagem dos resíduos e emissões geradas, com benefícios ambientais, de saúde ocupacional e econômicos (UNIDO/UNEP, 1995). Isto leva a eco-eficiência do processo produtivo. De acordo com Huppés e Ishikawa (2005), eco-eficiência tem sido definido como uma meta geral de criação de valor e diminuição do impacto ambiental. Deixando de fora a parte normativa deste conceito, a parte empírica refere-se a uma relação entre o impacto ambiental e o custo econômico ou valor.

Uma das ferramentas da eco-eficiência que podem ser utilizadas para a avaliação do impacto ambiental é o MIF, desenvolvida pelo Instituto Wuppertal. O conceito MIF (Material Intensity Factor) pode ser utilizado para medir a eco-eficiência de um produto ou serviço e aplicado em todas as escalas a partir de um único produto para sistemas complexos, desta maneira ela consegue calcular o impacto ambiental de um sistema (RITTHOF, et al., 2002).

Impulsionada pelas certificações ambientais exigidas por clientes cada vez mais exigentes, a CP ganha importância dentro desta conjuntura, justamente pelo seu caráter preventivo, que privilegia as soluções voltadas para a prevenção e minimização, atuando assim na fonte geradora e conseqüentemente buscando o desenvolvimento de processos mais eco-eficientes (UNIDO/UNEP, 1995). Para corroborar com esta posição, estudos recentes, com foco tanto ambiental quanto econômico, demonstram que durante a implantação da CP existem ganhos inegáveis, junto com ganhos de eficiência, benefícios aos trabalhadores e clientes, sendo algumas destas iniciativas com muito pouco ou quase nenhum investimento (GIANNETTI et al., 2007). Para Paoli et al. (2013) o uso de ferramentas adequadas para a avaliação ambiental e econômica, fornecem aos seus gestores os recursos necessários para atingirem seus objetivos de redução de custos, assim como a redução de resíduos no meio ambiente. O uso

de ferramentas adequadas de avaliação ambiental permitem estabelecer diferentes cenários, para soluções sustentáveis dentro de uma cadeia produtiva (FRANZESE et al., 2013). Para que se tenha uma boa avaliação dos impactos ambientais causados por um processo de manufatura, métricas objetivas e de simples aplicação devem ser definidas e aplicadas à operação (JIANG et al., 2012).

Este estudo estende a literatura existente, porque verifica os impactos ambientais em uma empresa fabricante de produtos veterinários em Vargem Grande Paulista, setor ainda não explorado, além disso, não mede somente a redução de massa bruta, mas também sua intensidade. Estes processos foram calculados por meio da implantação da CP para a minimização da geração de resíduos ocasionados pela utilização de uma caldeira para a geração de vapor fluente. Para que ocorresse a diminuição da geração de resíduos, substituiu-se a caldeira a lenha pela caldeira a gás. Para isto estabeleceu-se a seguinte questão de pesquisa: (1) É possível o uso da ferramenta MIF em sistemas de caldeiras e em paralelo obter os resultados econômicos associados?

Este trabalho é dividido nas seguintes seções: Seção 2 mostra o referencial teórico da CP e também da avaliação econômica. Seção 3 mostra a metodologia utilizada pelos autores. Seção 4 apresenta o estudo de caso propriamente dito, em que é delineado todas as intervenções que ocorreram no processo de manufatura. Seção 5 apresenta os resultados e discussões do processo estudado, em que é possível observar os resultados obtidos da implantação da CP. Finalmente, Seção 6 apresenta a conclusão do trabalho realizado.

## 2. Referencial teórico

Observando os aspectos sociais e ambientais, de acordo com Setthasakko (2010), impactos negativos podem ser causados por processos industriais e as empresas estão conscientes a este respeito, desta forma, as empresas precisam desenvolver ferramentas e práticas ambientais (DESPEISSE et al., 2011). As empresas se aproveitando deste cenário, estão transformando as grandes pressões ambientais em vantagem competitiva (RIBEIRO et al., 2010). Os impactos ambientais dos processos produtivos podem causar custos adicionais relevantes, principalmente por possíveis ações judiciais ou até mesmo por cobrança da própria sociedade, cada vez mais exigente (GIANNETTI et al., 2007). Dentro deste contexto a CP tornou-se uma ferramenta poderosa para melhorar os resultados das empresas.

Os objetivos da implantação da CP visa prioritariamente, melhorar a eficiência, tornar as empresas mais lucrativas e ao mesmo tempo competitivas (UNIDO/UNEP, 1995). De acordo com Giannetti et al. (2006), toda ação que otimizem o uso dos recursos naturais e consumo de energia, assim como, a redução de resíduos, podem aumentar a produtividade da companhia, impactando inclusive nos resultados financeiros. Porém, existem casos em que mesmo que o resultado financeiro se apresente negativo, a intervenção é necessária.

As questões ambientais passaram a ter uma importância significativa dentro do cenário global. De acordo com Ribeiro et al. (2010), a consciência ambiental de toda a sociedade, aumentou fortemente, gerando uma pressão nos empresários para investirem em políticas ambientais. O desafio da indústria por sua vez está em conseguir mensurar os ganhos obtidos, tanto os ambientais quanto os econômicos (GIANNETTI e ALMEIDA, 2006). De acordo com Silva e Medeiros (2004), os indicadores ambientais são elementos vitais para medirem o desempenho ambiental em uma organização, e explorando um pouco mais o tema, ele tem como objetivo ratificar as práticas ambientais que estão sendo desenvolvidas. De acordo com Mickwitz et al. (2006), não é possível uma organização estabelecer e gerenciar seu desempenho ambiental sem o uso de indicadores. Com isso, torna-se de extrema importância que os empresários tenham conhecimento dos ganhos ou perdas financeiras, pois melhoram seu poder de tomada de decisão (GIANETTI e ALMEIDA, 2006).

Neste referencial teórico realizado pode-se constatar que não houve aplicação de CP mais MIPS no setor de veterinária, gerando desta forma uma lacuna a ser explorada, uma vez que processos similares poderão se beneficiar desta pesquisa, agregando valor tanto acadêmico quanto prático. Com isso posto, este artigo pretende responder a questão de pesquisa com as seguintes proposições: (1) É possível o uso da ferramenta MIF em processo de caldeiras e (2) É possível obter vantagens financeiras após a implantação de CP.

### **3. Metodologia**

A presente pesquisa é classificada como aplicada ou empírica, pois de acordo com Marconi e Lacatos (2010), pesquisa aplicada, de campo ou empírica é aquela utilizada com o objetivo de conseguir informações acerca de um determinado problema não resolvido. Já quanto à abordagem, se classifica como qualitativa, pois de acordo com Bryman (1989), a diferença entre a pesquisa qualitativa e quantitativa está na ênfase do indivíduo que está sendo estudado e no ambiente no qual ela se insere, sendo que devido à proximidade com o fenômeno estudado, este contexto apresenta uma forte relação com o método qualitativo. A pesquisa se

dará por meio de estudo de caso, pois de acordo com Nakano (2012), o estudo de caso é uma análise aprofundada de um ou mais casos, que possibilita o uso de múltiplos instrumentos de coleta de dados que interage com o pesquisador e o objeto de pesquisa. A coleta de dados se dará por meio da observação participante, pois para Bogdan e Biken (1992) a observação é um instrumento mais comum da pesquisa qualitativa e que melhor apresentam suas características.

Para a mensuração do impacto ambiental adotou-se o procedimento para avaliação ambiental e econômica (OLIVEIRA NETO, 2010; 2014a,b,c) considerando que a quantidade de cada compartimento foi processada e com isso obteve-se um total de “Intensidade de Massa”. Para determinar os valores de intensidade de massa (MIF), conforme apresentado na equação 1, basta multiplicar a entrada de fluxo de massa (M), pelos fatores de intensidade (IF), que corresponde à quantidade de material necessário para produzir uma unidade de fluxo de entrada (WUPPERTAL, 2014). Os valores utilizados nesta pesquisa estão apresentados na Tabela 1.

$$MIF = M \times IF \quad \text{Eq. 1}$$

O ecossistema é composto de compartimentos bióticos e abióticos, com interações importantes entre eles, o compartimento biótico consiste no conjunto de todos os organismos vivos, como plantas e decompositores, já o compartimento abiótico é o conjunto de todos os fatores não-vivos de um ecossistema, mas que influencia no meio biótico, são os fatores tais como: temperatura, pressão, chuva entre outros (ODUM, 1998).

Tabela 1 - Valores de MIF utilizados na pesquisa

Nome	Abiótico	Biótico	Água	Ar
Lenha [a]	0,86	5,51	9,97	0,13
GLP [b]	1,22		0,50	0,00
Energia Elétrica [c]	2,67		37,92	0,64
Água [d]	0,01		1,30	0,00

[a] Others, wood, Germany data

[c] Energy, fuels and plants, electricity, Germany data

[b] Energy and fuels, natural gas, Germany data

[d] Water, drinking water, Germany data

Fonte: Wuppertal Institute, 2014

Depois de calcular o IF individualmente, é possível calcular a intensidade de massa por compartimento (MIC), na qual mede a redução do impacto ambiental por compartimento abiótico (w), biótico (x), água (y) e ar (z), conforme apresentado na equação 2. Por fim, foi

realizado o cálculo total de intensidade de massa (MIT), que consiste em verificar qual foi a redução ambiental total no sistema aplicado, conforme apresentado na equação 3.

$$MIC = IF A (w) + IF B (w) + IF C (w) + IF n (w) \quad \text{Eq. 2}$$

$$MIT = MIC(w) + MIC(x) + MIC(y) + MIC(z) \quad \text{Eq. 3}$$

#### 4. Estudo de Caso

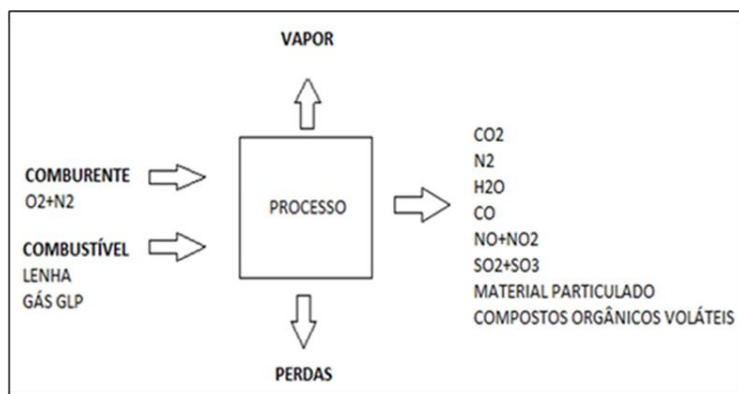
O estudo de caso em questão foi realizado em um laboratório produtor de vacinas, antiparasitários, antimicrobianos, hormônios e suplementos para o ramo veterinário, localizado em Vargem Grande Paulista, no estado de São Paulo, possuem 55 anos de existência e tem forte atuação em pesquisa e desenvolvimento.

Todo laboratório, para que seus processos funcionem adequadamente, necessitam de vapor fluente gerado por uma caldeira. A empresa estudada, por estar em uma área residencial, começou a receber reclamações de moradores que diziam serem afetados pela fuligem gerada pela caldeira. Com o problema a ser solucionado, a empresa definiu uma equipe multifuncional para a implantação de CP neste processo e com isso tomou a decisão de instalar uma nova caldeira a gás em substituição à caldeira à lenha existente.

No processo de produção de vacinas em todas as suas etapas deve haver esterilidade, portanto todos os materiais utilizados devem estar livres de qualquer tipo de contaminação. Uma das maneiras de se obter essa condição é a esterilização por calor úmido (autoclavagem), onde o material será submetido a uma temperatura de 121°C por no mínimo 15 minutos. Para a produção de culturas e vacinas, o laboratório possui tanques fermentadores, autoclaves, materiais esterilizáveis, frascos para envase de vacinas e vidrarias que necessitam de esterilização, que neste caso, é realizada através de vapor fluente gerados por caldeiras.

Caldeiras são equipamentos utilizados na geração de vapor, utilizando qualquer fonte de energia, e com a pressão maior que a atmosférica. Existem vários tipos de caldeira, porém neste estudo de caso, estamos trabalhando com a caldeira de vapor. Esse tipo de equipamento utiliza energia elétrica, água, e a fonte de energia que neste caso será lenha ou GLP, conforme mostrado Figura 1 abaixo.

Figura 1 - Fluxograma da Caldeira



Fonte: A empresa

Com base nos dados extraídos da Tabela 2, foi possível calcular o consumo de energia das duas situações (Lenha e Gás), conforme apresentado abaixo:

1º CASO: "Caldeira a Lenha - Capacidade 3.200 kgv/h"

$$\text{consumo de energia} = \frac{3.200 \text{ kgv/h} \times (664 - 20) \text{ kcal/kgv}}{0,82\% \times 2.750 \text{ kcal/kg}} = 913,88 \text{ kg/hora}$$

2º CASO: "Caldeira à Gás GLP - Capacidade 3.200 kgv/h"

$$\text{consumo de energia} = \frac{3.200 \text{ kgv/h} \times (664 - 20) \text{ kcal/kgv}}{0,90\% \times 11.025 \text{ kcal/kg}} = 207,68 \text{ kg/hora}$$

Tabela 2 - Dados do fabricante da caldeira

Item	Quantidade
Produção de vapor (consumo médio)	3.200 kgv/h
Peso específico da lenha (30% umidade)	350 kg/m <sup>3</sup>
Pressão de operação das caldeiras (vapor)	10.5 kgf/cm <sup>2</sup> - 150 psi
Entalpia do vapor operando na pressão de 10.5kgf/cm <sup>2</sup>	664 kcal/kgv
Temperatura da água de alimentação das caldeiras	20°C
Tempo de operação por dia	17 hs/dia
Tempo de operação por mês	26 dias

Item	Lenha	Gás
Rendimento térmico caldeira	82%	90%
Poder calorífico inferior (PCI)	2.750 kcal/kg	11.025 kcal/kg
Preço de custo atual	R\$ 0,25 /kg	R\$ 2,20 /kg
Consumo de Lenha / Gás por ano	4.847.219,52 kg	1.101.534,72 kg
Consumo de água por ano	3.564.288,00 litros	3.564.288,00 litros
Consumo de energia elétrica por ano	106,08 kWA	212,16 kWA

Fonte: Fabricante da caldeira

Ambas as caldeiras necessitam de energia elétrica e água para o funcionamento das atividades e geração de vapor. Para a geração de 3200 kgv/h a caldeira à lenha necessita de 913.88 kg/h

de lenha x 17 horas/dia x 312 dias/ano. Portanto teremos 4.847.219,52 kg de lenha por ano. Para a mesma geração de energia a caldeira à gás necessita de 207.68 kg/h x 17 horas/dia x 312 dias/ano. Portanto teremos 1.101.534,72 kg de GLP por ano. A água utilizada em ambas as caldeira é uma quantidade de 672 litros por hora. No caso da energia elétrica, a caldeira à lenha consome 106,08 kWA/ano, ou seja, a metade da energia usada pela caldeira à gás (212,16 kWA/ano).

## 5. Resultados e Discussões

Os resultados encontrados nesta pesquisa foram apresentados na Tabela 3, que são produtos provenientes das equações 1, 2 e 3. Com isso, temos dois resultados importantes o primeiro deles, trata-se da questão ambiental, em que é possível observar que o impacto ambiental total (MIT) causado pela caldeira a gás, é mais que 12x menor que o impacto causado pela caldeira à lenha. O segundo aspecto é a questão econômica, que apresentou um resultado negativo, ou seja, o processo a gás apesar de ser mais limpo, tornou-se quase o dobro mais caro.

Tabela 3 - Comparativo entre Caldeira Lenha vs. Caldeira Gás

CALDEIRA LENHA						
Material Usado	Qtd (kg)/ano	R\$/ano	Abiótico (w)	Biótico (x)	Água(y)	Ar (z)
↳ Lenha	4.847.219,52	\$1.211.804,88	4.168.608,79	26.708.179,56	48.326.778,61	630.138,54
↳ Energia Elétrica	106,08	\$56,68	283,23	0,00	4.022,55	67,89
↳ Água	3.564.288,00	\$48.615,68	35.642,88	0,00	4.633.574,40	0,00
Total MIT (w+x+y+z)= <b>84.507.296,45</b>		<b>\$1.260.477,24</b>	4.204.534,90	26.708.179,56	52.964.375,57	630.206,43
CALDEIRA GÁS						
Material Usado	Qtd (kg)/ano	R\$/ano	Abiótico (w)	Biótico (x)	Água(y)	Ar (z)
↳ GLP	1.101.534,72	\$2.423.376,38	1.343.872,36	0,00	550.767,36	0,00
↳ Energia Elétrica	212,16	\$113,36	566,47	0,00	8.045,11	135,78
↳ Água	3.564.288,00	\$48.615,68	35.642,88	0,00	4.633.574,40	0,00
Total MIT (w+x+y+z)= <b>6.572.604,36</b>		<b>\$2.472.105,42</b>	1.380.081,71	0,00	5.192.386,87	135,78

Fonte: Fabricante da caldeira

Comparando os resultados na Tabela 3, em que é demonstrado os achados antes e depois da implantação da CP, verifica-se que o impacto ambiental é menor. Entretanto, quando observa-se o aspecto econômico, verifica-se que o custo de produção anual foi maior. Os resultados são consistentes com os estudos anteriores no que se refere ao aspecto ambiental, porém contrário quanto observado o aspecto econômico. A implantação da CP em um sistema



produtivo qualquer, tem como resultado uma redução de resíduos, emissões e obviamente custos [GIANETTI e ALMEIDA, 2006]. Na questão custos, este artigo mostrou que nem sempre um processo mais ambientalmente correto é mais barato. Obviamente que neste caso fatores como a reclamação da sociedade entorno da fábrica, motivou a mudança no processo da empresa para algo que não emitisse mais a fuligem.

Estes dados mostraram que (1) produzindo a mesma quantidade de energia (3200 kgv/h), o impacto ambiental causado pelo processo a gás foi diminuído em quase 13 vezes, enquanto que (2) o custo de produção seguindo uma tendência contrária aumentou em 2 vezes. Portanto, com base nos resultados obtidos, pode-se afirmar que a proposição (1) que responde a questão de pesquisa, foi aceita, porém a proposição (2) foi negada.

## 6. Conclusão

Este artigo trouxe a aplicação de uma avaliação ambiental e econômica após a implantação de CP em um laboratório do ramo veterinário e a substituição da caldeira a lenha pela caldeira a gás atendeu as expectativas da empresa em relação a emissão de partículas e o fato de estar localizada em uma zona residencial esse fato é bastante relevante. Os benefícios ambientais foram alcançados e houve uma redução do impacto ambiental na natureza de quase 13 vezes menor. Porém os custos de produção quase dobraram, o que gerou contestações na literatura existente, apresentando resultados contrários aos encontrados em estudos anteriores.

Este artigo pode também ser utilizado não somente no ramo veterinário, mas qualquer processo similar que utilize caldeiras a vapor. Foi verificado durante o referencial teórico, a falta de publicações sobre o tema em questão, no caso caldeiras a vapor e desta forma preenche esta lacuna.

Os resultados alcançados trouxeram implicações tanto no âmbito teórico quanto prático, na qual aumenta o campo do conhecimento neste tema, uma vez que trouxe uma discussão sobre os assuntos ligados a implantação de CP e mudanças de tecnologias e seus impactos.

Neste trabalho, apesar dos resultados alcançados, apresenta a limitação de ser feito por meio de estudo de caso único, que por sua vez nos impossibilita generalizar os resultados obtidos, entretanto abre oportunidades para pesquisas futuras, podendo ser validada em outras análises em processos similares que utilizem caldeiras a vapor.

## REFERÊNCIAS

BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari. **Qualitative research for education: an introduction to theory and methods**. Boston: Allyn and Bacon, 1992.

BRYMAN, Alan. **Research methods and organization studies**. London: Unwin Hyman, 1989.

DESPEISSE, Mélanie.; MBAYE, Fatou.; BALL, Peter; LEVERS, Andy. **The emergence of sustainable manufacturing practices**. Production Planning & Control, v. 23, n. 5, p. 354-376, may. 2011.

FRANZESE, Pier Paolo; CAVALETT, Otávio; HÄYHÄ, Tiina; D'ANGELO, Salvatore. **Integrated Environmental Assessment of Agricultural and Farming Production Systems in the Toledo River Basin (Brazil)**. Published in 2013 by the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. ISBN 978-92-3-001138-3.

GIANNETTI, Biagio Fernando; BONILLA, Silvia Helena; SILVA, I. R., ALMEIDA, Cecília Maria Villas Boas. **Cleaner production practices in a medium size gold-plated jewelry company in Brazil: when little changes make the difference**. Journal of Cleaner Production 16 (2007) 1106-1117. Elsevier

GIANNETTI, Biagio Fernando; Cecília Maria Villas Boas. **Ecologia Industrial: conceitos, ferramentas e aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

HUPPES, Gjalt; ISHIKAWA, Masanobu. **Eco-efficiency and Its Terminology**. Journal of Industrial Ecology. Volume 9, Number 4. Leiden, The Netherlands. 2005.

JIANG, Zhigang; ZHANG, Hua; SUTHERLAND, John W. (2012) **Development of an environmental performance assessment method for manufacturing process plan**. Int. J. Adv. Manuf. Technol. 58:783-790 - doi: 10.007/s00170-011-3410-7

MARCONI, Maria Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2010.

NAKANO, Davi. Métodos de pesquisa adotados na Engenharia de Produção e gestão de operações. In: MIGUEL, Paulo A. Cauchick. (Coord.). **Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. 2. ed. São Paulo: Elsevier, 2012.

ODUM, Eugenio P. **Ecologia**. Rio de Janeiro; Guanabara; 1988. 434 p. Ilus.

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

OLIVEIRA NETO, G. C. ; SOUZA, M. T. S. ; SILVA, L. A. ; SILVA, D . **An Assessment Of The Environmental And Economic Benefits Of Implementing Reverse Logistics In The Textured Glass Sector**. Ambiente & Sociedade, Vol.XVII, n. 3, pp. 195-216, 2014a.

OLIVEIRA NETO, G. C; SOUSA, W. C. **Economic and Environmental Advantage Evaluation of the Reverse Logistic Implementation in the Supermarket Retail**. IFIP AICT Vol.439, pp. 197–204, 2014b.

OLIVEIRA NETO, G. C; SOUZA, S. M; BAPTISTA, A. E. **Cleaner Production Associated with Financial and Environmental Benefits: A Case Study on Automotive Industry**. Advanced Materials Research, Vol. 845, pp 873-877, 2014c.

PAOLI, Filipe Marafon; OLIVEIRA NETO, Geraldo Cardoso; LUCATO, Wagner Cezar. **Economic and environmental gains resulting from the utilization of the design for the environment (DfE)**. Espacios. Vol. 34 (12) 2013. Pág. 11.

RIBEIRO, Verónica Paula Lima; GUZMÁN, Cristina Aibar; MONTEIRO, Sónia Maria da Silva; GUZMÁN,

Beatriz Aibar. **Determining factors of environmental management practices in Portugal local entities.** Management of Environmental Quality, v. 23, n. 5, p. 486-502. 2010.

RITTHOF, Michael; ROHN, Holger; LIEDTKE, Christa. **Calculating MIPS - Resource productivity of products and services.** Calculating MIPS, resources productivity of products and services. 2002.

SETTHASAKKO, Watchaneeporn. **Barriers to the development of environmental management accounting: an exploratory study of pulp and paper companies in Thailand.** EuroMed Journal of Business, Bangkok, v. 5, n. 3, p. 315-331. 2010.

SILVA, Gisele Cristina Sena; MEDEIROS, Denise Dumke. **Environmental management in Brazilian companies.** Management of Environmental Quality, Recife, v. 15, n. 4, p. 380-388. 2004.

MICKWITZ, Per; MELANEN, Matti; ROSENSTRÖM, Ulla; SEPPÄLÄ, Jyri. **Regional eco-efficiency indicators: a participatory approach.** Journal of Cleaner Production, Helsinki, v.14, n. 18, p. 1603-1611. 2006.

UNIDO/UNEP. **Cleaner Production Assessment Manual.** Part One. Introduction to Cleaner Production. Draft, 30 June 1995.

WUPPERTAL Institute. **Table of Material intensity of materials, fuels and transport services.** Version 2. 2003. Available from: <[http://www.wupperinst.org/uploads/tx\\_wupperinst/MIT\\_2014.pdf](http://www.wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/MIT_2014.pdf)>  
Acesso em: 6 abr. 2015.