

GESTÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS SOBRE O ENFOQUE DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA

Evellyn Cardoso Mendes Costa¹

Hamilton Afonso de Oliveira²

¹ Acadêmica da pós-graduação em Planejamento e Gestão Ambiental. UEG – Câmpus Morrinhos. evellyncmc@hotmail.com.

² Docente da pós-graduação em Planejamento e Gestão Ambiental. UEG – Câmpus Morrinhos. hamiltonafonso@bol.com.br.

Resumo: Este artigo tem como objetivo analisar a implantação da tecnologia da Produção mais Limpa (PML) como uma ferramenta de sustentabilidade nas indústrias, avaliando se as técnicas utilizadas cumprem o seu propósito, o qual, resulta na otimização dos processos, na redução dos resíduos gerados e descartados, diminuindo, consecutivamente, os impactos ambientais e, trazendo benefícios econômicos para as empresas. Foi feita uma pesquisa bibliográfica sobre o tema, com levantamento de dados já publicados e um estudo de múltiplos casos, avaliando os resultados obtidos através da introdução na PML em uma indústria do setor moveleiro (empresa 1), uma indústria de confecções (empresa 2) e uma indústria alimentícia (empresa 3). Pelos resultados encontrados na empresa 1, destacam-se a otimização do consumo de água, na empresa 2, otimização do uso de tecido e do uso de água e, na empresa 3, redução do consumo de água e energia. Pode-se concluir que pequenos investimentos são o suficiente para a incorporação da PML nas indústrias, trazendo resultados significantes, beneficiando tanto as empresas quanto o meio ambiente.

Palavras-chave: Produção mais Limpa, Resíduos, Impacto Ambiental.

1. Introdução

Atualmente as questões ambientais como o aumento da poluição, o descarte de resíduos industriais, o desequilíbrio da natureza e a limitação dos recursos naturais tem ganhado grande relevância nos grupos sociais, exigindo-se um controle cada vez maior dos impactos ambientais. A produção de resíduos sólidos e seus respectivos impactos no meio ambiente são gerados por vários setores da economia e da sociedade, porém é no setor industrial que se concentram os maiores e mais graves riscos de poluição ambiental, devido à grande quantidade de resíduos produzidos e sua destinação final (VALLE, 2004).

Segundo Benvenuti (2013) a poluição gerada pelas atividades industriais e os produtos consumidos envolvidos no processo produtivo tem grande responsabilidade em provocar sérios danos ao meio ambiente e à saúde do homem. Com um parâmetro de desenvolvimento baseado na produtividade e no consumismo e a inovação dos produtos, novas tecnologias de produção e, sobretudo, com a utilização das mídias para a propaganda e *marketing* a indústria vem oferecendo de forma cada vez mais crescente a oferta de produtos que se tornam acessíveis aos mais variados grupos sociais. Cada vez mais tem ocorrido o crescimento do consumo, se por um lado estimulou a produção e a atividade econômica, por outro, tem contribuído significativamente à crescente quantidade de resíduos e o crescimento dos impactos no meio ambiente (SANTOS, 2005).

À medida que se tem o crescimento do consumo que impulsionado pelo processo produtivo industrial, que tem sido cada vez mais global, tem se intensificado os debates e reflexões dos impactos que sociedade contemporânea movida pelo consumo tem contribuído para o agravamento dos problemas ambientais, tanto pela exploração dos recursos naturais, e também, pelo crescente aumento da produção de resíduos sólidos nas cidades e o seu destino final.

Nesse contexto, o que fazer com os resíduos sólidos e qual destino dar àquilo que a sociedade pressupõe inutilizável? Como garantir o desenvolvimento sustentável numa sociedade que incita o consumo desenfreado e, ao mesmo tempo, ressalta a relevância da preservação ambiental como forma de resguardar sua existência? (LEAL et al., 2002).

É sabido que hoje existe a possibilidade de conciliar o crescimento econômico e a conservação ambiental através da produção sustentável que incorpora às atividades econômicas das empresas preocupações em longo prazo com o meio ambiente e com a saúde da comunidade (SANTOS, 2005). A procura para a redução dos transtornos socioambientais causados pelo acúmulo, descarte e métodos inadequados de tratamento dos resíduos tem motivado uma grande busca por alternativas que objetivem a sustentabilidade do meio ambiente (CAVALCANTI et al., 2011).

Desta forma, os métodos de prevenção à poluição e Produção mais Limpa (PML) surgem como estratégias norteadoras para que as empresas possam alcançar o desenvolvimento sustentável, pois pequenas mudanças nos processos produtivos e nas práticas operacionais podem trazer benefícios tanto para a empresa quanto ao meio ambiente.

Nesta perspectiva o objetivo do presente trabalho é verificar e analisar as práticas dos processos de produção industriais sobre o enfoque da Produção mais Limpa (PML), avaliando se as técnicas utilizadas cumprem o seu propósito, o qual, resulta na otimização dos processos, na redução dos resíduos gerados e descartados, diminuindo, consecutivamente, os impactos ambientais e, trazendo benefícios econômicos para as empresas.

Para o estudo, será realizada uma pesquisa bibliográfica, cujo princípio básico é identificar as inúmeras formas de contribuição científica sobre o assunto, com levantamento de dados já publicados, através de livros, artigos, dissertações e páginas da *web*, identificando e avaliando as ferramentas utilizadas nos programas de prevenção à poluição, destacando oportunidades de redução da poluição aplicadas aos processos produtivos através dos métodos propostos pela Produção mais Limpa nas indústrias.

2. Os dilemas do crescimento econômico e o problema dos resíduos sólidos

Toda ação humana se inter-relaciona, em menor ou maior grau, com o ecossistema gastando recursos (de forma direta como a água, ou indireta como matérias-primas), transmutando o espaço físico ou produzindo rejeitos (efluentes líquidos, resíduos sólidos ou emissões atmosféricas). Classificam-se como aspectos ambientais as interações entre as atividades do homem e o meio ambiente. Quando esses aspectos são indevidamente administrados surgem consequências no meio ambiente, denominadas impactos ambientais (SANTOS et al., 2005).

Todas as empresas, em níveis de intensidade variados, geram aspectos que podem se transformar em impactos ambientais. Até mesmo indústrias de pequeno porte, as quais numa primeira avaliação aparentam não causar danos ambientais, podem provocar grandes prejuízos caso não se tome as medidas adequadas (SANTOS et al., 2005).

Desde os primórdios o homem procura meios para a destinação dos resíduos produzidos por suas atividades cotidianas. Os problemas com os resíduos passam a tomar maior relevância quando o homem passa a se agrupar em tribos, aldeias e cidades e a acumulação destes torna-se uma consequência da vida em sociedade (TCHOBANOGLIOUS et al., 1993).

Com o desenvolvimento industrial iniciado a partir dos fins do século XVIII, a exploração dos recursos naturais e de energia tem se intensificado à medida que o homem foi deixando o campo e passando a aglomerar-se em cidades. As indústrias, por sua vez, para atender a demanda de um mercado consumidor crescente acabam sendo uma das principais responsáveis pela produção de resíduos líquidos e sólidos que podem provocar grandes impactos ambientais. O lixo, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 10.004/1987 (p. 63) é definido como:

Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam da comunidade e origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola e de serviços de varrição. Consideram-se também resíduos sólidos os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

A expressão “resíduos sólidos” é derivada do latim: “*residuu*”, cujo significado é o que sobra de determinada substância, seguida de “*sólido*” para diferenciar de gases e líquidos (NAIME; GARCIA, 2004, p. 113). Pode ainda ser definido como os restos das atividades humanas, aquilo que se torna inútil, sem valor, indesejável ou descartável.

Atualmente, a quantidade de lixo gerada no mundo e o seu mau gerenciamento têm despertado grande preocupação, pois além de provocar gastos financeiros significativos, podem causar graves danos ao meio ambiente e prejudicar a saúde e o bem-estar da população (CUNHA; CAIXETA FILHO, 2002). A falta de planejamento no gerenciamento dos resíduos aliada a falta de informação e recursos financeiros é responsável pela deterioração da paisagem urbana, além da contaminação dos recursos naturais por técnicas de descarte equivocadas (VAZ et al., 2003).

Mesmo depois da implantação da Lei 12.305/2010 que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos, as dificuldades persistem. Passados sete anos da publicação da Lei, a maioria das prefeituras brasileiras, não conseguiram implementar a organização de aterros sanitários e instituir a coleta seletiva do lixo. Apesar de ser uma Lei inovadora similar aos países da União Europeia e até mesmo do Japão, na prática, ainda não houve grandes inovações e mudanças em relação à política nacional de resíduos sólidos. O que houve no período foi um crescimento da produção de lixo que

[...] em 2013 foi de 76,3 mil toneladas, 4,1% a mais que em 2012, superior ao índice de 3,7% de crescimento populacional nesse período. [...] Segundo o PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL (2013), da Abrelpe, a situação da capital federal Brasília é alarmante. A população do Distrito Federal é responsável por produzir a maior quantidade de lixo por habitante no Brasil. A média nacional é de 1,04 quilo por dia, enquanto o brasileiro produz 1,5 quilo de lixo por dia (EM DISCUSSÃO, Ano 5, N. 22, p. 9-35).

Segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA nº 313/2002 em relação às indústrias

[...] todo resíduo que resulte de atividades industriais e que se encontre nos estados sólido, semissólido, gasoso – quando contido, e líquido – cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. Ficam incluídos nessa definição os lodos provenientes dos sistemas de tratamento de água e aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição (BRASIL, 2002).

O conjunto de problemas provenientes da geração de resíduos sólidos engloba aspectos relacionados não apenas a sua origem e produção, mas também ao falso conceito de inesgotabilidade dos recursos naturais (RODRIGUES; CAVINATTO, 2003). A tendência do atual modelo de desenvolvimento econômico é baseada na teoria do “eterno” crescimento, baseado no crescente aumento do consumo que, por sua vez, estimula a produção de mercadorias, bens e serviços. A situação agravada pelo modelo padrão da obsolescência

programada¹, em que os produtos são produzidos para não durar ou, tornar-se obsoletos, especialmente, eletroeletrônicos e produtos descartáveis, geralmente, fabricados de plásticos como sacolas, copos, garrafas, etc. o que acabou gerando quantidades gigantescas de resíduos.

Associada a estas transformações, a partir de 1970, a composição do lixo foi tragicamente alterada, além de possuírem micro-organismos causadores de doenças possuem, também, compostos de substâncias tóxicas e perigosas como pesticidas, resinas, tintas, metais pesados, dentre outros (PEREIRA NETO, 1998). Com o aumento do volume de resíduos sólidos que acompanhou o crescimento do consumo e, também, das cidades, os locais disponíveis para aterrar os resíduos tornaram-se insuficientes o que tem contribuído no agravamento dos problemas ambientais com impactos perceptíveis na poluição e contaminação do solo, da água e do ar.

Por isso, tem sido um grande desafio na atualidade lidar e resolver o problema da acomodação mais adequada e sustentável dos resíduos urbanos e industriais. Estes devem ser bem gerenciados de forma a proteger, preservar e melhorar a qualidade do meio ambiente; beneficiando a saúde humana e, garantindo o uso correto e racional dos recursos naturais (SIMIÃO, 2011). No caso dos resíduos industriais o seu gerenciamento e o controle ordenado da geração, coleta, separação, armazenamento, transporte, processamento, tratamento, regeneração e descarte de resíduos são essenciais (MAIA, 1992 apud LORA, 2000).

Desta forma, conhecer os resíduos produzidos pela indústria é o primeiro passo para que haja um planejamento de técnicas de gerenciamento, que possa agir desde o processo de produção, transporte, tratamento até o seu descarte final, buscando assegurar a conservação da qualidade do meio ambiente a curto, médio e longo prazo, bem como a redução dos danos causados nas áreas degradadas (PAIXAO et al., 2011).

O Quadro 1 que abarca o período de 1971 a 2003 nos mostra que, apesar de alguns momentos de crise e recessão, a economia mundial, inclusive a brasileira em um ritmo menor, após o período do milagre econômico (1971-1980) não deixou de crescer. Consequentemente,

¹ Papanek (1971) define três tipos de obsolescência: a) A tecnológica, que se dá quando se descobre uma maneira melhor ou mais elegante de fazer as coisas; b) A material, quando o produto se desgasta naturalmente; c) A artificial, quando o desgaste acontece num intervalo de tempo previsível e se dá sobretudo por duas razões: pela escolha de materiais ou acabamentos menos duráveis ou porque partes significativas do produto não são substituíveis ou reparáveis. Para o autor, esta é a “sentença de morte” de um produto. Ver. ASSUNÇÃO, Lia; DANTAS, Denise. Obsolescência programada, consumismo e função social do design. 12.º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design. Outubro de 2016. N. 2 Vol. 9. Disponível no site: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/designproceedings/ped2016/0171.pdf> - acessado em 26/06/2016.

temos o crescimento anual do consumo de energia, bem como, a necessidade de crescimento da sua produção para a satisfação das demandas de consumo do setor produtivo e da população crescente no planeta que passou aglomerar-se, em grande parte, em centros urbanos.

Quadro 1 – Indicadores de crescimento e produção: PIB, consumo de eletricidade e de energia primária total em diferentes períodos e regiões (IEA, 2006; IEA 2005; MME 2006; CIA 2006)

Indicador	Região	Período				
		1971-1980	1980-1990	1990-2000	2000-2003	2004-2005
(1) Crescimento anual do PIB	Brasil	8,34%	1,57%	2,65%	1,26%	2,28%
	Mundo	3,77%	2,90%	2,80%	4,97%	4,40%
	Não-OCDE	5,41%	2,11%	3,81%	3,82%	nd
	OCDE	3,44%	3,07%	2,58%	5,23%	nd
(2) Crescimento anual do consumo de eletricidade	Brasil	11,83%	5,90%	4,30%	1,05%	4,24%
	Mundo	5,18%	3,60%	2,62%	2,72%	nd
	Não-OCDE	6,96%	4,81%	2,81%	5,91%	nd
	OCDE	4,46%	3,02%	2,53%	0,88%	nd
(3) Crescimento anual da produção de energia primária	Brasil	5,39%	1,78%	3,32%	1,45%	1,75%
	Mundo	3,05%	1,90%	1,45%	2,02%	nd
	Não-OCDE	4,50%	2,93%	1,23%	3,80%	nd
	OCDE	2,07%	1,05%	1,64%	0,43%	nd

Fonte: GOLDEMBERG; LUCON (s/d)

O século XX revelou os graves problemas ambientais à geração atual e suas consequências para as gerações futuras. Os problemas ambientais são decorrentes do modelo de desenvolvimento capitalista que, além de basear na teoria do “eterno” crescimento acreditava (ou ainda acredita-se) que os recursos naturais eram inesgotáveis para a satisfação das demandas do mercado crescente. O que se percebe na atualidade é uma crise deste paradigma, embora seja um grande paradoxo, da sociedade de consumo de massa faz-se necessário um novo paradigma de desenvolvimento assentado na sustentabilidade dos processos produtivos, o que requer uma mudança cultural, a começar pelos empreendimentos industriais para que os impactos ambientais sejam cada vez menores.

Sair do discurso de desenvolvimento sustentável para a sua aplicação nas ações ambientais diárias de uma comunidade é um trajeto que necessita de mudanças de atitudes, de comportamentos, de procedimentos, é algo que demanda tempo e dinheiro, que nem sempre está voltado para este fim. Desenvolvimento sustentável é sinônimo de coisas novas, trata-se de uma proposta de revisão de conceitos. É falar de mudanças de estratégias e técnicas de produção e consumo, de biotecnologia, de tecnologias limpas, de reaproveitamento e

reciclagem, de forma que os impactos provocados pelos resíduos lançados no meio ambiente sejam reduzidos o máximo possível.

Nesta perspectiva atualmente, algumas empresas têm aderido a métodos de prevenção à poluição, adaptando suas atividades, com o intuito de mitigar ou até eliminar os impactos ambientais (DONADON, 2005). É neste contexto que a Gestão Ambiental tem emergido como um dos pilares da sustentabilidade e tem contribuído para nortear as empresas nos seus planejamentos ecológicos que tem resultado em aspectos positivos e, contribuindo para a melhoria da imagem e os custos de uma empresa (DRUNN et al., 2011).

Um dos principais objetivos da Gestão Ambiental é a organização das atividades humanas de modo a contribuir para reduzir os impactos sobre o ecossistema. Esta organização vai desde a adoção das melhores estratégias até o cumprimento da legislação e a destinação correta de recursos humanos e financeiros (BRUNS, 2006). Trata-se de um método participativo, integrado e contínuo que visa relacionar as atividades humanas com a qualidade e a preservação do meio ambiente (SABBAGH, 2011).

A Gestão Ambiental busca sensibilizar os administradores empresariais através de diversos métodos, abordagens e conhecimentos científicos visando a implantação de planos ambientais voltados aos processos, serviços e produtos finais com o objetivo de mitigar os danos causados ao meio ambiente (FARIAS et al., 2010). Segundo BARBIERI (2004), fatores de ordem econômica, política, social e cultural que estão na raiz dos problemas com a degradação ambiental podem dificultar a adoção de medidas para esse fim, pois:

[...] o verdadeiro desenvolvimento – assim como a preservação dos recursos – não está relacionado apenas com os aspectos econômicos de uma nação. O verdadeiro desenvolvimento, mais do que autossustentável, teria de ser autopreservante no sentido de procurar, ativamente, criar condições de autopreservação das culturas tradicionais, valorizando-as de modo a inibir as pressões do consumismo. [...] a extraordinária capacidade do ser humano para deformar o meio ambiente e adaptá-lo aos seus próprios interesses tem, também, suas limitações. Uma delas é o próprio homem, com suas tradições, histórias e vocação. Desrespeitá-las é desrespeitar a própria dignidade humana (BRANCO, 2004, p. 93).

A prática da Gestão Ambiental está diretamente relacionada com a cooperação das organizações em todos os níveis, da sociedade em todas as classes e do governo em todas as esferas. Deve ser um processo contínuo e sem tempo determinado (DRUNN et al., 2011).

A produção mais limpa está inclusa no quadro de benefícios que a Gestão Ambiental traz para as práticas industriais (SILVA FILHO; SICSÚ, 2003). Surge como um roteiro buscando alternativas para os problemas ambientais, abrangendo a adoção de uma técnica ambiental integrada que impacta os processos de produção, os produtos e serviços das

empresas, com a finalidade de diminuir os perigos relevantes aos seres humanos e ao ecossistema, podendo gerar também, benefícios econômicos (DONADON, 2005). Mostra-se como um caminho viável no manejo dos problemas ambientais provocados pelas empresas (SILVA FILHO; SICSÚ, 2003).

3. Os desafios do crescimento econômico e por uma produção mais limpa (*cleanerproduction*)

A organização ambientalista não governamental Greenpeace sugeriu a expressão Produção Limpa para retratar o sistema de produção industrial baseado na auto sustentabilidade de fontes renováveis de matérias-primas; na prevenção da produção de resíduos tóxicos e perigosos na fonte de produção; na diminuição do consumo de energia e água; na reutilização de materiais de maneira atóxica e eficaz; na geração de produtos de vida útil mais longa, seguros e sem toxinas, para o meio ambiente e o homem, cujos resíduos tenham reaproveitamento atóxico e econômico em relação ao consumo de energia (SANTOS, 2005).

Em 1989 a UNEP (*United Nations Environment Programme*) criou o termo Produção mais Limpa (*cleanerproduction*) definindo-o como a implantação contínua de uma estratégia ambiental preventiva associada aos processos, produtos e serviços. Baseia-se no uso mais consciente dos recursos naturais, minimizando a produção de resíduos e poluição, assim como os danos à saúde humana. Esta estratégia deve ser aplicada aos processos, produtos e serviços com o intuito de conservar matérias-primas e energia, suprimir o uso de materiais tóxicos, diminuir o volume e a toxicidade dos resíduos e de todas as emissões possíveis, reduzir os efeitos nocivos dos produtos no decorrer do seu ciclo de vida, e projetar e executar serviços de forma sustentável e eficiente (SANTOS, 2005). De acordo com o Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL/SENAI-RS):

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 (CNTL, 2003a, p. 10).

Esse padrão de produção vem sendo aperfeiçoado desde 1980 pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e pelas Organizações das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (ONUDI), na tentativa de colocar em prática os conceitos e objetivos do desenvolvimento sustentável (FERREIRA, 2009). Os métodos de PML são circulares e utilizam uma menor quantidade de energia, água e materiais. Os recursos fluem pelas etapas de produção e consumo num padrão mais lento. O alvo da PML é atender a necessidade de produtos de maneira sustentável, buscando utilizar de modo efetivo, materiais

e energias renováveis, não prejudiciais, preservando simultaneamente a biodiversidade (GREENPEACE, 2005).

Os países interessados em difundir a Produção mais Limpa deveriam instalar um Centro Nacional de Produção mais Limpa. No Brasil, foi criado o Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL) juntamente com o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) do Rio Grande do Sul. O Conselho Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS) após a criação do CNTL se empenhou para que houvesse a criação de núcleos de Produção mais Limpa em todos os Estados brasileiros, que formaram a Rede Brasileira de Produção mais Limpa (PEREIRA; SANT'ANNA, 2012).

Esse novo tema surgiu com o intuito de modificar os métodos tradicionais onde o foco era o fim do processo, ou seja, as tecnologias de fim-de-tubo (*end-of-pipe*) (SIMIÃO, 2011), cujo objetivo principal é o tratamento dos resíduos gerados num processo produtivo, com o auxílio de novos equipamentos e instalações nos pontos de rejeitos dos poluentes (OURA; SOUZA, 2007). Deste modo, aplica-se a tecnologia ao término dos processos usuais com o intuito de diminuir a poluição ao meio ambiente (MOORS et al., 2005).

O tratamento dos resíduos não é um quesito analisado na Produção mais Limpa, pois ele não inibe a produção dos resíduos. A principal técnica da PML é agir na redução da poluição, com o menor impacto ambiental possível através da redução da fonte, ou seja, eliminar os resíduos durante o processo produtivo e não no fim de linha (FERREIRA, 2009).

O quadro 2 mostra as principais diferenças entre o método *End-of-Pipe* (Fim-de-tubo) e a Produção mais Limpa. Segundo a Rede Brasileira de Produção mais Limpa (2016), quanto menor a quantidade de resíduos produzidos, menores serão os gastos com seu tratamento e esse é um dos objetivos da PML.

Quadro 2 - Comparação entre as técnicas *End-of-Pipe* e Produção mais Limpa

TÉCNICAS DE END-OF-PIPE (FIM-DE-TUBO)	TÉCNICAS DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA
Pretendem reação.	Pretendem ação.
Os resíduos, os efluentes e as emissões são controlados através de equipamentos de tratamento.	Prevenção da geração de resíduos, efluentes e emissões na fonte. Procura evitar matérias-primas potencialmente tóxicas.
Proteção ambiental é um assunto para especialistas competentes.	Proteção ambiental é tarefa para todos.
A proteção ambiental atua depois do desenvolvimento dos processos e produtos.	A proteção ambiental atua como uma parte integrante do <i>design</i> do produto e da engenharia de processo.
Os problemas ambientais são resolvidos a partir de um ponto de vista tecnológico.	Os problemas ambientais são resolvidos em todos os níveis e em todos os campos.

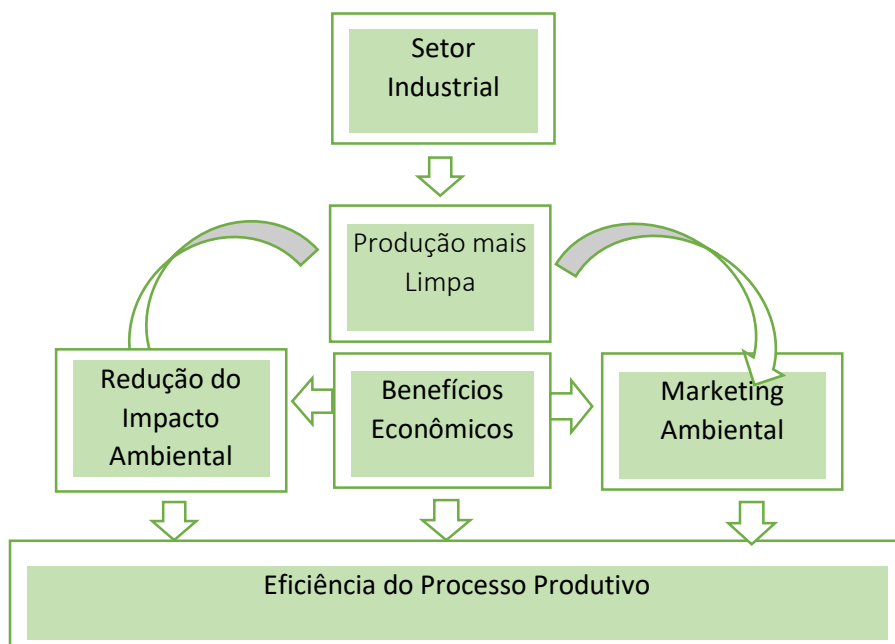
Não tem a preocupação com o uso eficiente de matérias-primas, água e energia.	Uso eficiente de matérias-primas, água e energia.
Levam a custos adicionais.	Ajudam a reduzir custos.

Fonte: SENAI/RS (2003) – Elaboração dos Autores (2017)

A introdução de uma estratégia de Produção mais Limpa em um empreendimento necessita do cumprimento de várias etapas, que se inicia com o comprometimento da direção da empresa e a sensibilização dos funcionários, seguidos de uma extenuante pesquisa com levantamento de dados para a análise do processo e verificação de oportunidades, busca e avaliação de viabilidade dos métodos para solução dos problemas encontrados, aplicação da metodologia e acompanhamento final do desempenho, para que o plano possa ser analisado e corrigido, caso necessário, assegurando o aperfeiçoamento constante do processo (SIMIÃO, 2011).

A figura 1, abaixo demonstra alguns benefícios obtidos pelas indústrias com a aplicação da metodologia da PML. Manuais e guias para auxiliar o desenvolvimento dessas etapas podem ser encontrados na internet e contribuem para a introdução do método de PML em qualquer tipo de prática industrial, em qualquer tipo de empresa, de grande, médio ou pequeno porte. As técnicas apresentadas nesses manuais não diferem entre si, são exemplos para que as empresas adaptem da melhor forma seu programa (SIMIÃO, 2011).

Figura 1 – Benefícios da Produção mais Limpa



Fonte: SENAI/RS (2003)

Segundo o guia oferecido pelo CEBDS, a implantação da tecnologia da PML nas empresas é descrita em 18 etapas, conforme o Quadro 3, seguindo o modelo da UNIDO (*United Nations Industrial Development Organization*)/UNEP.

Quadro 3 – Etapas da metodologia do CEBDS para a implementação da tecnologia da Produção mais Limpa

ETAPAS DA IMPLANTAÇÃO DA TECNOLOGIA DA PML	
1.	Comprometimento da direção da empresa
2.	Sensibilização dos funcionários
3.	Formação do ECOTIME
4.	Apresentação da metodologia
5.	Pré-avaliação
6.	Elaboração dos fluxogramas
7.	Tabelas quantitativas
8.	Definição de indicadores
9.	Avaliação dos dados coletados
10.	Barreiras
11.	Seleção do foco de avaliação e priorização
12.	Balanços de massa e energia
13.	Avaliação das causas de geração dos resíduos
14.	Geração das opções de PML
15.	Avaliação técnica ambiental e econômica
16.	Seleção da Opção
17.	Implementação
18.	Plano de monitoramento e continuidade

Fonte: CEBDS (2003)

Guethi (2003) descreveu o processo de implantação da PML de forma simplificada, distribuído em quatro etapas distintas: Fase I = Diagnóstico; Fase II = Balanço de material e energia; Fase III = Síntese; e Fase IV= Implantação. Primeiramente, é necessário que haja um comprometimento real do empreendedor e de toda a direção para com a PML. Depois os colaboradores devem ser notificados sobre o programa, sendo incentivados a se dedicarem e a se comprometerem com o sucesso do projeto (OLIVEIRA, 2006).

A formação do ECOTIME (ecologia+time) é o passo seguinte. É uma equipe constituída pelos funcionários que detém maiores conhecimentos da empresa e/ou são responsáveis por áreas importantes como desenvolvimento de produtos, compras, manutenção e vendas, meio ambiente, qualidade, segurança e saúde (REDE DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA, 2003).

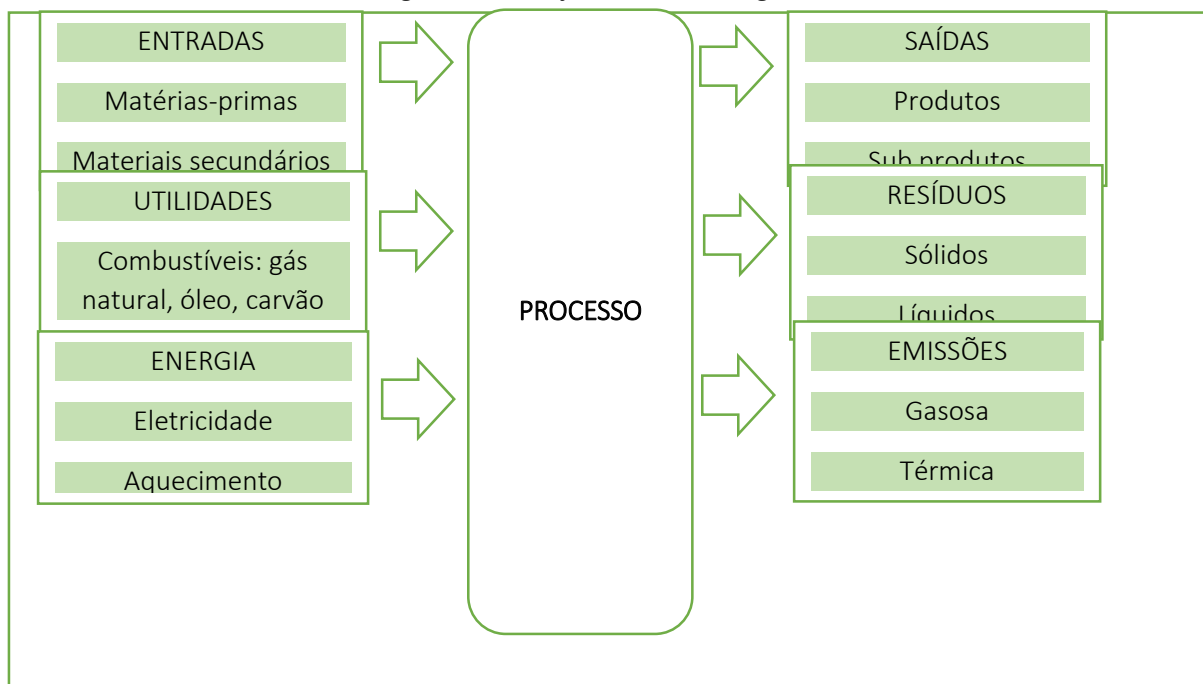
Os integrantes do ECOTIME devem se submeter a treinamentos para uma melhor assimilação do tema e serão os responsáveis por repassar as informações aos demais sobre os métodos aplicados, assim como fiscalizar a implantação na empresa. Após a criação do ECOTIME, as etapas de implantação da PML podem ser iniciadas (OLIVEIRA, 2006).

Na fase do Diagnóstico o perfil da empresa é descrito, ressaltando suas características financeiras, operacionais, produtos, pessoal contratado, etc., também é certificado se a empresa está adequada a legislação ambiental. Nessa fase avalia-se o *layout* da planta, descrevendo a localização das etapas do processo, os acessos, postos de trabalho, o fluxo de materiais, as distâncias, os obstáculos e tudo o que envolve a produção. É importante que o ECOTIME conheça bem o processo produtivo da empresa.

Para isso, é indispensável que a equipe crie o fluxograma do processo, propiciando a identificação de cada passo e suas relações entre si. O passo seguinte é quantificar os dados do fluxograma do processo como consumo de água e energia, resíduos sólidos, vazão de efluente líquido, em termos quantitativos e valores. O ECOTIME analisará as informações, destacando os resíduos produzidos e sua toxicidade e a legislação vigente, o custo do tratamento destes resíduos e lançamentos de efluentes, as despesas com insumos, matérias-primas e a energia utilizada no processo. Após essa análise devem-se identificar quais os locais ou etapas do processo devem ser priorizados (OLIVEIRA, 2006).

O objetivo da fase II (Balanço de material e energia), representada pela figura 2, é detectar no processo as etapas onde se concentram os maiores desperdícios de matérias-primas e maiores produções de resíduos, quantificando os gastos em cada procedimento (OLIVEIRA, 2006).

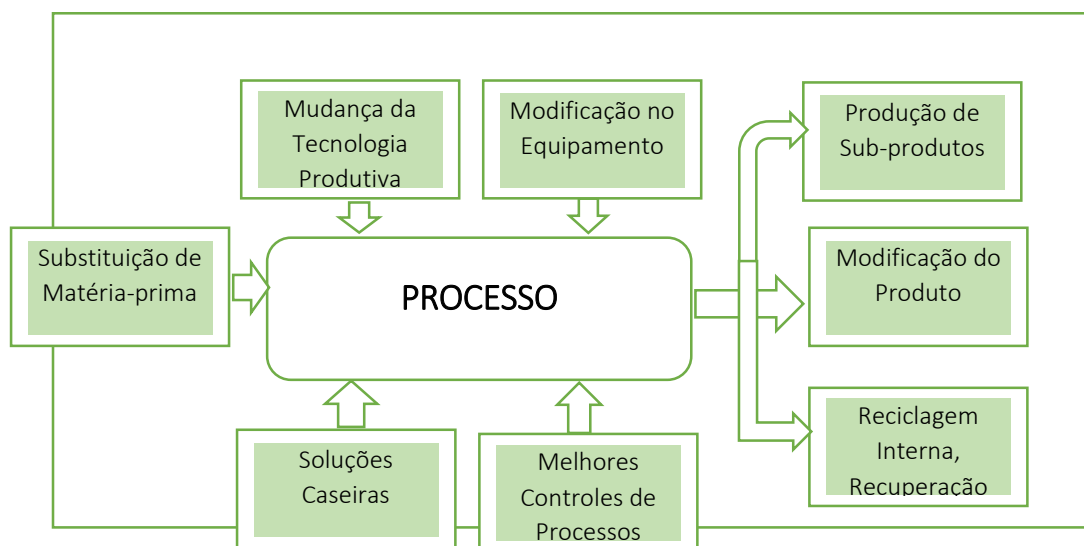
Figura 2 – Balanço de massa e energia



Fonte: Guethi (2003)

Na fase III (Síntese) as informações coletadas nas etapas anteriores são avaliadas. Após o balanço de massas nos procedimentos e/ou seções priorizadas, o ECOTIME deve examinar as causas da produção de cada rejeito (REDE DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA, 2003), apontando métodos de aperfeiçoamento, de modo a reduzir a quantidade de resíduos gerados ou até mesmo a sua total eliminação. A reciclagem interna e externa surge como alternativa subsequente. Nessa etapa é que são apontadas as ações imediatas a serem tomadas, também conhecidas como “soluções caseiras” (*housekeeping*), as quais são a essência da PML. Deve-se projetar um plano de ação, gerenciando os trabalhos e estipulando prazos e objetivos (OLIVEIRA, 2006). A figura 3 demonstra os pontos envolvidos no estudo de identificação e avaliação das opções de aperfeiçoamento.

Figura 3 - Identificação e avaliação das opções de melhoria através da PML



Fonte: Guethi (2003)

Na Implantação (fase IV) executa-se o Plano de Ação, onde os resultados serão controlados e monitorados, pois a estrutura da PML baseia-se em sua aplicação contínua. Os benefícios econômicos e ambientais gerados devem ser qualificados e comparados com as metas anteriormente estipuladas (OLIVEIRA, 2006).

Os resultados avaliados do procedimento podem ser notados através da variação da quantidade de resíduos e sua toxicidade, os efluentes, bem como o aumento da lucratividade da empresa (BARROS, 2005). É importante que os resultados alcançados sejam compartilhados com toda a empresa, afim de que todos os colaboradores tenham conhecimento dos benefícios obtidos através do envolvimento e da dedicação de cada um, pois o principal benefício na PML é o ganho ambiental e social dessa prática (OLIVEIRA, 2006).

4. Alguns resultados de aplicação da produção mais limpa (PML)

Segundo CNTL (2005), a PML permite observar a forma como um processo de produção é executado, identificando em quais fases ocorrem o desperdício de matérias-primas e recursos, possibilitando assim um maior rendimento e uma redução dos resíduos gerados. Produzir de forma limpa torna-se, basicamente, um empreendimento econômico e lucrativo, uma ferramenta importante para atender a legislação ambiental vigente e ainda proporcionar o desenvolvimento sustentável.

A PML vem sendo inserida com sucesso por pequenos e médios empreendimentos devido a sua facilidade e aplicabilidade, pois não exige grandes investimentos em estruturas, consultorias e equipamentos. Dentre os resultados alcançados, pode-se destacar a diminuição das perdas de insumos e matérias-primas, diminuição do consumo de energia e água, redução de emissões atmosféricas, redução dos resíduos sólidos segregados e sem contaminantes, redução no tratamento de efluentes líquidos, o aperfeiçoamento na qualidade dos produtos, as transformações nos aspectos organizacionais graças as melhorias nas condições de trabalho e o envolvimento dos cooperadores com o processo produtivo, além de contribuir para a melhoria do meio ambiente (OLIVEIRA, 2006).

Oliveira (2006) em sua pesquisa na Metalúrgica GG Ltda. em MG pode comprovar os benefícios trazidos pela implantação da PML na empresa. Trata-se de uma indústria do setor moveleiro que produz peças de polímeros injetáveis e acessórios para móveis. Dentre os diversos benefícios trazidos pela PML está a redução do consumo de água. A empresa possui um poço que fornece água para seu abastecimento, porém o nível de água regularmente baixava, entrando areia na bomba, causando problemas no abastecimento. As máquinas injetoras necessitam de resfriamento para o seu bom funcionamento e consomem a maior parte dessa água para esse processo.

O ECOTIME verificou que cerca de 1800 litros de água eram desperdiçados ao final do último turno, diariamente, pois ao desligar as máquinas, a água usada no resfriamento retornava para a torre de resfriamento e para o reservatório. Todo o volume de água das tubulações e equipamentos refrigeradores era despejado no reservatório, pois este se encontrava em nível abaixo do piso da indústria. Porém, a capacidade do reservatório era incompatível com o volume de água retornado, transbordando para o sistema de captação de águas pluviais toda noite. Na manhã seguinte, era preciso ligar novamente a bomba para retirar a água do poço, causando assim, um maior consumo de água e de energia elétrica.

Primeiramente foi instalado um hidrômetro na saída da bomba do poço para que a quantidade de água consumida pudesse ser quantificada. O consumo chegou a 1800 litros de água/dia. A solução proposta para solucionar o problema foi a elevação do nível da torre e do reservatório do sistema de resfriamento. Com isso, o problema do transbordamento foi solucionado. Ao se desligar o sistema, parte da água continua nas tubulações e nos equipamentos e, a quantidade que retorna para o reservatório é compatível com seu volume. Segundo Oliveira (2006):

[...] com essa pequena alteração, o consumo que antes era de 1800 litros de água/dia passou a ser de 80 litros de água/dia. Nós atuamos no consumo de água, como você mesmo viu, nós tínhamos uma perda de 444.200 litros anuais. Era uma perda inevitável, o lay out do sistema de refrigeração estava errado. [...] então nós estudamos, pensamos, trabalhamos, conversamos muito sobre isso e vimos que poderia mudar. Foram investidos aproximadamente R\$ 1.690,00 e a mudança realizada, uma torre e caixa d'água um pouco mais elevada, resultaram numa economia anual de 385.000 litros de água (ENTREVISTADO 8, OLIVEIRA, 2006, p. 32).

Segundo Glavic & Lukman (2007) a PML proporciona melhores condições para se alcançar um aperfeiçoamento no processo e na expansão dos produtos enquanto contribui para uma maior sustentabilidade do meio ambiente. Pimenta & Gouvinhas (2012) investigaram a PML como uma ferramenta de sustentabilidade industrial em uma Indústria de Confeções no RN. A primeira fase do processo é o design do produto, seguido da modelagem (molde de papelão), corte do tecido, costura e/ou estampagem.

Após esse processo, faz-se um controle de qualidade onde pequenos erros de costura, manchas ou furos na malha quando identificados nos produtos são retornados para possíveis correções e expedição. Foi constatado que a indústria não possui um programa para efetuar um plano de corte, fazendo-o de modo intuitivo. A disposição dos moldes nos tecidos era feita de acordo com a vontade do operador, de modo aleatório, propulsionando um grande desperdício de material.

Pelos resultados, foi constatado um desperdício médio de mais de 20% no consumo desses tecidos. Eram desperdiçados cerca de 40 kg de tecido por dia, ou seja, mais de 10 t/ano. Em valores monetários, a perda mensal chegava a R\$ 18.030,54 (anualmente, R\$ 228.672,38). Esses materiais eram queimados no quintal da empresa ou destinados ao aterro sanitário (PIMENTA; GOUVINHAS, 2012, p. 470.).

Foi encontrado também desperdício do consumo de água no setor de limpeza das placas de estampagem. Utilizava-se uma torneira quebrada cujo vazamento chegava a 4 mil L/mês e não havia nenhum método para potencializar o uso da água no processo de lavagem das placas de estampagem, como por exemplo o aumento da pressão hidrostática (PIMENTA; GOUVINHAS, 2012).

Essa situação acarretava em um maior consumo e geração de efluentes líquidos. O consumo de água do setor foi estimado em 2.300 L/dia, considerando a vazão da torneira e o tempo de funcionamento da mesma para o processo de lavagem de cada placa e ainda descontando o volume do vazamento (134 L/dia) (PIMENTA & GOUVINHAS, 2012, p. 470).

Algumas sugestões foram dadas por Pimenta & Gouvinhas (2012) para otimizar os resultados operacionais e ambientais da indústria de confecções do RN. No setor de corte foi sugerida a compra de um *software* de criação de plano de corte, porém a sugestão foi descartada pelo empresário devido ao seu alto investimento (R\$ 90.172,00). Assim sendo, foi realizado um treinamento do pessoal com noções de áreas, figuras geométricas e aproveitamento de espaço para um melhor enquadramento dos moldes. Foi implementado um sistema de classificação interno onde os retalhos gerados acima de 600 cm² seriam designados a confecção de produtos infantis, caso não fosse possível, seriam vendidos a empresas de artesanato (confecção de fuxicos, colchas, toalhas de mesa, tapetes e travesseiros) a um custo de R\$ 0,70/kg.

Com a implementação da segunda alternativa, foi observado um aumento da eficiência do corte da ordem de 5% e redução da geração de resíduos. Com o sistema de classificação, foi constatado que o material classificado para reaproveitamento interno representava 55% dos resíduos gerados pelo corte e que seria possível a arrecadação de uma receita mensal de R\$ 212,98 com a venda do material para reciclagem externa (PIMENTA; GOUVINHAS, 2012, p. 471).

No setor de estampagem as medidas propostas foram: substituição da torneira (*housekeeping*), instalação de um lavador pressurizado (remanejamento tecnológico) e instalação de interruptores nos berços (remanejamento tecnológico).

A substituição da torneira levou a uma economia de mais de 48 mil litros de água por ano, a um baixo custo (R\$ 10,00). Já com a instalação do lavador pressurizado foi estimada uma economia de 35.420 L/mês, com um custo operacional do equipamento estimado em R\$ 35,97/mês, levando em consideração a potência elétrica de 1,4 kW (fornecida pelo fabricante); o tempo médio de uso de 3 horas por dia; o custo do kWh (especificado no consumo ativo fornecido pela conta de energia do mês de maio de 2007); o consumo de 2.300 L/dia pelo setor e uma economia de 70% do consumo de água (dado fornecido pelo fabricante). A economia mensal oriunda da implementação desta alternativa foi de R\$ 75,25, com uma rentabilidade de R\$ 596,94 (Tabela 1) (PIMENTA; GOUVINHAS, 2012, p.471).

Tabela 1 - Análise de viabilidade das oportunidades na empresa de confecções do RN

Tabela 1. Análise de viabilidade das oportunidades na empresa de confecções do RN Aspecto crítico	Solução	Investimento (R\$)	Receita gerada/projetada			Análise financeira	
			Mês (R\$)	Ano (VF) (R\$)	VPL encontrada (R\$)	VPL proposta (R\$)	Pay-back (meses)

Procedimento incorreto do corte do tecido tipo poliéster e algodão	Treinamento para maximização da alocação de moldes nos tecidos	300,00	4.296,73	54.493,29	-288.672,38	+13.521,48	10 ⁻³
Desperdício de água – torneira vazando	Aquisição e troca da torneira quebrada	10,00	12,58	159,55	-141,59	+131,59	0,8
Desperdício de água – procedimento inadequado de lavagem das placas	Aquisição e instalação de lavador com pressão	250,00	75,25	954,36	-1.251,79	+596,94	3,4
Desperdício no consumo de energia elétrica nos berços	Instalação de interruptores	250,00	155,97	1.978,09	-1.755,45	+1.505,45	1,6
TOTAL		810,00	4.540,53	57.585,29	-231.821,21	+15.755,46	-

Fonte: Pimenta & Gouvinnhas (2012)

No processo de secagem da estampa, também foi encontrado um desperdício de energia elétrica. O procedimento era feito através de placas metálicas com uma resistência elétrica de 0,450 kW conhecidas como ‘berço’. Os berços estavam dispostos em grupos de 6 ou 12 unidades por mesa. Porém, quando uma mesa era acionada, todos os berços eram ligados. Através de uma planilha instalada ao lado da chave, pode-se constatar o tempo de uso das mesas e a quantidade de berços utilizados, resultando numa eficiência de 70%, num tempo médio de uso de 2,5 horas/dia e um consumo de energia de 60,75 kW/dia, resultando numa perda de 400,95 kW/mês.

Em relação à questão do consumo energético nos berços, foi proposta a instalação de um sistema de chaves de controle (interruptores). Para as mesas com 6 berços foi proposta a instalação de dois interruptores e para a mesa com 12 berços, de 4. Estima-se um aumento da eficiência no uso dos berços na ordem de 98%. Para tanto, o investimento necessário na aquisição e instalação dos interruptores seria de R\$ 250,00. Por decisão do empresário, essa proposta ficou como uma ação para o plano de continuidade (PIMENTA; GOUVINHAS, 2012, p. 471).

Tabela 2 - Indicadores utilizados na empresa de confecções do RN (medidas implementadas e monitoradas)

Indicadores	Unidade	Situação encontrada	Situação modificada
- Eficiência média do uso de poliéster e algodão	%	77,89	82,89
- Quantidade de resíduos sólidos gerados e dispostos em aterro (tecido)	kg	873,84	0,00
- Consumo de água nas placas de estampagem	m ³ /mês	53,55	15,18

Fonte: Pimenta & Gouvinnhas (2012)

Os resultados da aplicação desenvolvida por Pimenta e Gouvinhas mostram que a PML apresenta:

[...] um aumento na eficiência do uso de recursos naturais – água (70%) e tecido (5%) – e uma diminuição da geração de efluentes (71,23%). Em relação aos aspectos econômicos, destaca-se uma economia anual de R\$ 55.946,96, tornando a empresa mais produtiva e com tendência de se tornar mais competitiva (PIMENTA; GOUVINHAS, 2012, p. 472).

A visão da PML precisa ser disseminada nos meios industrial e acadêmico, estando direcionada para as pequenas e médias empresas para a concepção e adoção dessa ferramenta tecnológica como um recurso para mitigar problemas econômicos e ambientais. Nesse contexto, faz-se importante a redução de resíduos sólidos nas indústrias de confecção, onde se encontram grandes quantidades de retalhos de tecidos, pós e peças com defeitos de corte ou estamparias, que devem ser minimizados (FARIA; PACHECO, 2011).

Em uma pesquisa feita por FARIAS et al. (2010) em uma Indústria Alimentícia em Itabuna no Sul da Bahia, pode-se constatar os benefícios econômicos e industriais pela adoção de tecnologias industriais sob o foco da Gestão Ambiental. A indústria criou um método próprio chamado de “Água de Vaca” que segue os padrões da PML, visto que seus resultados compreendem toda a cadeia de produção, onde foram empregadas técnicas para diminuir ou extinguir qualquer tipo de poluição direto na fonte, e simultaneamente, racionaliza o uso de recursos naturais. O foco desse método está direcionado à prevenção da degradação ambiental e não sobre seus efeitos.

Em uma das etapas do processo da produção de leite em pó foi utilizado um aparelho chamado de “condensador a vácuo”, onde se extrai parte da água do leite por evaporação sob pressão reduzida (vácuo). Esse processo consegue retirar cerca de 70% da água do leite. Antes do emprego da tecnologia “Água de Vaca”, a empresa extraía do Rio Cachoeira cerca de 84 mil metros cúbicos de água por ano. Atualmente, a água retirada do leite é submetida a um tratamento, e posteriormente, é reutilizada nos processos produtivos da indústria, garantindo também, uma redução no consumo de energia, pois o uso das bombas de captação de água junto ao Rio consequentemente foi reduzido, o que gerou benefícios econômicos e ambientais. De acordo com informações dos entrevistados por Farias et al., (2010, p. 88) “o bom emprego dessa tecnologia ajudou a reduzir 16 mil metros cúbicos ao ano no uso de água utilizada na alimentação das caldeiras, volume suficiente para uma população de cerca de 107 mil pessoas em um dia”.

5. Considerações Finais

A intervenção do homem nos recursos naturais, a falta de planejamento no gerenciamento dos resíduos produzidos pelas indústrias e o desperdício, estão entre os grandes responsáveis pela degradação ambiental. Com o intuito de mitigar os efeitos do capitalismo no meio ambiente, surge a Gestão Ambiental como um dos pilares da sustentabilidade.

Atualmente, a Gestão Ambiental tem alcançado uma posição de destaque, em termos de competitividade, pelos inúmeros benefícios que pode trazer às empresas, tanto nos processos produtivos como na melhoria da imagem empresarial. Sua maior proposta é alcançar melhorias constantes na qualidade ambiental dos serviços, dos produtos e ambiente de trabalho de qualquer organização pública ou privada. Falar sobre as questões ambientais é se preocupar com o futuro do planeta, das próximas gerações, buscando uma melhor qualidade de vida e o uso consciente dos recursos naturais enquanto fonte de energia (FARIAS et al., 2010).

Nesse contexto surge a Produção Mais Limpa (PML) como um modelo de gestão de fácil aplicação, fundamentado no balanço de energia e materiais, nas “soluções caseiras” e no melhoramento constante. Seus princípios podem ser facilmente adaptados a diferentes empresas, proporcionando vantagens tanto econômicas quanto ambientais, divergindo dos modelos voltados ao controle da poluição, atuando direto na fonte dos resíduos, focando na sua redução e indo mais além, ao verificar a real necessidade do produto ou processo de produção (OLIVEIRA, 2006).

A PML não está embasada apenas em tecnologia ou inovações tecnológicas, mas principalmente na transformação do modo de gestão das empresas, proporcionando a adoção de medidas de prevenção da poluição (CHRISTIE et al., 1995).

Levando em consideração o ambiente corporativo em que as indústrias estão enquadradas, a opção por adotar técnicas de PML está relacionada com o custo/benefício que será proporcionado para a empresa. No entanto, nota-se que a maior eficácia dos processos, do uso das matérias-primas, insumos, água, energia gasta na produção e a redução dos resíduos gerados e emissões transformam-se em grandes estímulos para a elaboração de sua implantação. Somado a isso, as políticas nacionais, a crescente conscientização dos consumidores e o uso racional dos recursos naturais também possuem um papel relevante na adoção da PML no meio empresarial (SANTOS et al., 2015).

O presente trabalho passou por um breve estudo de bibliografia, sem a intenção de esgotar o tema, buscando dados sobre a implantação da metodologia da PML em indústrias,

com algumas etapas, resultados e exemplos de experiências já evidenciadas. A PML é composta por dois elementos da tecnologia, o elemento *Hard* (que inclui os equipamentos, as máquinas, os processos e os produtos da indústria) e o elemento *Soft* (que inclui as técnicas de gerência, o treinamento, o planejamento e as habilidades detectadas na indústria) (LEMOS, 1998). Tem-se por “Inovação” qualquer mudança nas técnicas ou práticas industriais que conduzam uma melhora na produtividade, na competitividade ou na adequação a demanda do mercado (LEMOS, 1998).

Segundo os dados obtidos com os exemplos das práticas de PML nas empresas citadas, pode-se dizer que a variável “inovação” alcança tanto o elemento *Hard* da tecnologia quanto o elemento *Soft*, pois foi verificada nos processos produtivos, nas melhorias dos equipamentos utilizados e também nos planejamentos e técnicas gerenciais das empresas.

Pode-se observar através dos exemplos citados, que pequenas mudanças feitas nos processos produtivos e sem grandes investimentos podem reduzir os desperdícios dos recursos utilizados, como matérias primas, água e energia, diminuir os resíduos e efluentes lançados, gerando lucros para as empresas e contribuindo principalmente para uma menor degradação do meio ambiente, tornando as empresas mais competitivas e com uma imagem voltada para a sustentabilidade.

É importante que haja um plano de continuidade e monitoramento das medidas já implantadas, seguida de uma constante avaliação da equipe e dos gestores das empresas para que à medida que surjam novos processos ou novos problemas, métodos de melhorias possam ser analisados, propostos e implantados.

Contudo, a PML mostrou-se como uma ferramenta da sustentabilidade empresarial, de baixo custo, acessível e de fácil implantação a qualquer setor ou porte de atividade das indústrias, executando bem o papel que foi criado, aprimorando a eficiência nas técnicas de produção e serviços, agindo de forma preventiva, trazendo benefícios econômicos através da diminuição dos custos operacionais e benefícios ambientais através do uso consciente dos recursos e da redução dos desperdícios.

7. Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE TRATAMENTO, RECUPERAÇÃO E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS ESPECIAIS - ABETRE. O Brasil trata apenas 22% dos resíduos industriais perigosos. 2007. Disponível em:
<http://www.abetre.org.br/noticia_completa.asp?NOT_COD=373> Acesso em 30/10/2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS. Fórum Nacional de Normatização: NBR 10.004. **Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro, 1987. 63p.

- BARBIERI, J. C. **Gestão Ambiental Empresarial: conceito, modelos e instrumentos**. São Paulo: Saraiva, 2004.
- BARROS, R. **Metodologia para Implantação da Produção mais Limpa nas MPE's**, 2005. Disponível em: <<http://www.cyclos.com.br/>>. Acesso em: 01/05/2017.
- BENVENUTI, J. **Estudo de Caso de Avaliação da Eficiência do Tratamento Biológico de Lodos Ativados**. 2013. 37f. Monografia. (Trabalho de Diplomação em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.
- BRANCO, S. M. **O Meio Ambiente em Debate**. 3.^a Ed. Edição reformulada. 45^a impressão. São Paulo: Moderna, 2004, 93 p.
- BRUNS, G. B. **Afinal, o que é Gestão Ambiental?** Disponível em: <<http://ecoviagem.uol.com.br/fique-por-dentro/artigos/meioambiente/afinal-o-que-e-gestao-ambiental--1348.asp>>. Acesso em: 10/09/2016.
- CAVALCANTI, C. R.; SOUZA, F. C. S.; ALVES, G. S. **Estudo do Gerenciamento da Coleta Seletiva dos Resíduos Sólidos no Município de Mossoró – RN**. HOLOS, ano 27, vol. 4, p. 51-64, 2011.
- CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS – CNTL. Disponível em: <<http://www.cntl.com.br/>>. Acesso em: 01/05/2017.
- CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS – CNTL. **Implementação de Programas de Produção mais Limpa**. Porto Alegre: CNTL SENAI-RS/UNIDO/UNEP, 2003a. 10p.
- CHRISTIE, I.; ROLFE, H.; LEGARD, R. **Cleaner Production in Industry: Integrating business goals and environmental management**. PSI – Policy Studies Intudies Institute, London, 1995.
- CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – CEBDS. **Guia da Produção mais Limpa**. 2003. Disponível em: <<http://www.cebds.org.br/cebds/eco-rbe-publicacoes.asp>>. Acesso em: 10/01/2017.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 313, de 29 de outubro de 2002. Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. **Resoluções do Conama: resoluções vigentes publicadas entre julho de 1984 e novembro de 2008**. 2^a ed. Brasília: Conama, 2008. 928 p.
- CUNHA, V.; FILHO, J. V. C. **Gerenciamento da Coleta de Resíduos Sólidos Urbanos: Estruturação e Aplicação de Modelo Não-linear de Programação por Metas**. Gestão & Produção, v.9, n.2, p. 143-161, ago, 2002.
- DONADON, K. C. P. A. **Estudo Sobre a Adoção da Produção mais Limpa: O Caso de uma Indústria Alimentícia**. 2005. 102f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) - Centro Universitário de Araraquara, Araraquara, 2005.
- DRUNN, K. C; GARCIA, H. M; UNIC, F. P. **Desenvolvimento Sustentável e Gestão Ambiental nas Organizações**. Revista Científica Eletrônica de Ciências Sociais Aplicadas da EDUVALE. Publicação Científica da FACULDADE DE CIÊNCIAS SOCIAIS Aplicadas do Vale de São Lourenço: Jaciara, MT. Ano IV, n.06, Nov. 2011.

- FARIA, F. P.; PACHECO, E. B. A. V. **Experiências com Produção Mais Limpa no setor têxtil**. REDIGE, v.2, n.1, 2011.
- FARIAS, L. G. Q.; GÓES, A. O. S.; JÚNIOR, A. C. S. **Gestão Ambiental e Tecnologias Ambientais: Práticas e Benefícios em uma Indústria Alimentícia no Sul da Bahia**. RGSA – Revista de Gestão Social e Ambiental. Jan – Abr. 2010, v.4, nº. 1, p. 80-91.
- FERREIRA, L. C. **Produção Mais Limpa no Plano Gerenciamento de Resíduos Sólidos em Empresas de Reparação de Veículos**. 2009. 88f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2009.
- GHETHI, D. J. **Centro SENAI de Produção mais Limpa**. 2003. Disponível em: <<http://www.sp.senai.br/>>. Acessado em 10/01/2017.
- GLAVIC, P.; LUKMAN, R. **Review of Sustainability Terms and their Definitions**. *Journal of Cleaner Production*, v. 15, p. 1875 -1885, 2007.
- GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. Energia e meio ambiente no Brasil. *Estud. av. [online]*. 2007, vol.21, n.59, pp.7-20. ISSN 0103-4014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142007000100003>>. - Acesso em 27/06/2017.
- GREENPEACE. Tire suas dúvidas. Tóxicos. 2005. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org.br/duvidas/toxicos.php>>. Acesso em: 24/11/2016.
- LEAL, A. C.; JÚNIOR, A. T.; ALVES, N.; GONÇALVES, M. A.; DIBIEZO, E. P.; CANTÓIA, S.; GOMES, A. M.; GONÇALVES, S. M. P. S.; ROTTA, V. E. A Reinserção do Lixo na Sociedade do Capital: uma Contribuição ao Entendimento do Trabalho na Catação e na Reciclagem. 2002. Disponível em: <<http://www.agb.org.br/publicacoes/index.php/terralivre/article/view/165>>. Acesso em: 05/03/2017.
- LEMO, A. D. da C. **A Produção mais Limpa como Geradora de Inovação e Competitividade: o Caso da Fazenda Cerro do Tigre**. 1998. 174f. Dissertação (Mestrado em Administração com ênfase em Planejamento e Gestão de Ciências e Tecnologia) - Planejamento e Gestão de Ciências e Tecnologia – PGCT, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.
- LORA, E. S. **Prevenção e Controle de Poluição nos Setores Energético, Industrial e de Transporte**. Brasília: ANEEL, 2000. 503 p.
- MOORS, E. H. M.; MULDER, K. F; VERGRAGT, P. J. **Towards Cleaner Production: Barriers And Strategies in The Base Metals Producing Industry**. *Journal of Cleaner Production*, v.13, p.657-668, 2005.
- NAIME, R.; GARCIA, A. C. A. **Percepção Ambiental e Diretrizes para Compreender a Questão do Meio Ambiente**. Novo Hamburgo; Feevale, p. 136, 2004.
- OLIVEIRA, M. **A Produção mais Limpa como Ferramenta de Gestão Ambiental para as Indústrias do Município de Juiz de Fora**. 2006. 88f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2006.
- OURA, M. M.; SOUZA, M. T. S. A Evolução das Tecnologias end-of-pipe às Tecnologias Limpas em Indústria de Equipamento de Torrefação de Café. In: **XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Foz do Iguaçu, 2007**. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007_TR650481_9861.pdf>. Acesso em: 06/09/2016.

- PAIXÃO, J. F.; ROMA, J. C.; MOURA, A. M. M. **Cadernos de Diagnóstico: Resíduos Sólidos Industriais. Brasília: MMA, 2011.** Disponível em: http://www.enrh.gov.br/projetos/pnrs/documentos/cadernos/05_caddiag_res_sol_industriais.pdf. Acesso em 10/09/2016.
- PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS. 2013, Abrelpe (2014). Disponível em: <<http://bit.ly/1qClGjP>>. Acesso em: 10/06/2017.
- PEREIRA NETO, J. T. **Lixo Urbano: a Reciclagem e a Compostagem como Solução. Saneamento Ambiental**, São Paulo, v. 5, n. 28, p. 24-25, 1998.
- PEREIRA, G. R.; SANTA'ANNA, F. S. P. Uma Análise da Produção Mais Limpa no Brasil. In. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 24, p.18, 2012.
- PIMENTA, H. C. D.; GOUVINHAS, R. P. A Produção mais Limpa como Ferramenta da Sustentabilidade Empresarial: um estudo no estado do Rio Grande do Norte. **Produção**, v. 22, n. 3, p. 462-476, maio/ago. 2012.
- REDE BRASILEIRA DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA. Implementação de Produção mais Limpa – Resource Efficient and Cleaner Production (RECP). 2003. Disponível em: <<http://www.pmaisl.com.br/>>. Acesso em: 02/02/2017.
- REDE DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA, 2003. Guia da Produção mais Limpa – Faça Você Mesmo. Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável, Rio de Janeiro, RJ.
- RODRIGUES, L. R.; CAVINATTO, V. M. **Lixo: De Onde Vem? Para Onde Vai?** São Paulo: Moderna, 2003.
- SABBAGH, R. B. Gestão Ambiental. 2011. Disponível em: <http://ambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/2016/09/10/-gestaoambiental.pdf>. Acesso em: 10/09/2016.
- SANTOS, C. **Prevenção à Poluição Industrial: Identificação de Oportunidades, Análises dos Benefícios e Barreiras.** 2005. 304f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.
- SANTOS, J. G; CARNEIRO, V. C. V.; RAMALHO, A. M. C. Sustentabilidade e Produção mais Limpa: um Estudo Sobre as Implicações na Vantagem Competitiva Empresarial. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade - RMS**, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 34-48, maio/ago., 2015.
- SANTOS, M.S.; YAMANAKA, H. T.; PACHECO, C. E. M. Bijuterias. Série P+L. São Paulo: CETESB, 2005. 54p. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 20/10/2016.
- SENADO FEDERAL. **Revista em Discussão.** Ano 5, n. 22, Set./2014. Senado Federal, Brasília 2014. Disponível no site: <http://www.senado.gov.br/noticias/jornal/emdiscussao/residuos-solidos/residuos-solidos.pdf> - acessado em 27/06/2017.
- SENAI-RS. Implementação de Programas de Produção mais Limpa. Porto Alegre, Centro Nacional de Tecnologias Limpas – SENAI-RS/UNIDO/UNEP, 2003. 42p.

SILVA, J. C. G. da FILHO; SICSÚ, A. B. Produção Mais Limpa: Uma Ferramenta da Gestão Ambiental aplicada às Empresas Nacionais. **In. XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP**, Ouro Preto, MG, Brasil, 21 a 24 de out de 2003.

SIMIÃO, J. **Gerenciamento de Resíduos Industriais em uma Empresa de Usinagem sobre o Enfoque da Produção Mais Limpa**. 2011. 170f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL, S. A. **Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues**. New York: Mc Graw-Hill Science Engineering, 978p, 1993.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP, 2003. Disponível em: <<http://www.unep.org/>>. Acesso em: 10/03/2017.

VALLE, C. E. Qualidade ambiental ISO14000. 5. Ed. São Paulo: SENAC: São Paulo, 2004.

VAZ, L. M. S.; COSTA, B. N.; GUSMÃO, O. S.; AZEVEDO, L. S. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Produzidos em uma Feira Livre do Tombo**. *Sitientibus*, Feira de Santana, n.28, p. 145-459, jan/jun, 2003.