

Avaliação de impactos ambientais como ferramenta de gestão ambiental aplicada aos resíduos sólidos do setor de pintura de uma indústria automotiva

Adriano Luis Potrich

Engenheiro de Produção, Universidade de Caxias do Sul
Caxias do Sul, RS, Brasil CEP 95020-171
adrianopotrich@yahoo.com.br

Cláudia Echevengúá Teixeira

Profa. Dra. da Universidade de Caxias do Sul
Caxias do Sul, RS, Brasil CEP 95070-560
ctpanaro@ucs.br

Alexandra Rodrigues Finotti

Profa. Dra. da Universidade de Caxias do Sul
Caxias do Sul, RS, Brasil CEP 95020-171

Resumo

Este trabalho apresenta os resultados da avaliação ambiental do processo de pintura de uma indústria automotiva. Três métodos de avaliação foram utilizados: construção de planilha de aspectos e impactos, construção de matrizes de "Leopold" modificadas, e quantificação da geração de resíduos sólidos. A geração de resíduos sólidos perigosos oriundos do processo de pintura utilizado é o aspecto ambiental que requer maior atenção, sendo necessário o desenvolvimento de novas medidas de controle baseadas no princípio da tecnologia limpa. A integração dos métodos de avaliação permitiu uma visualização rápida e hierarquizada dos impactos, além de permitir uma avaliação das medidas de controle adotadas.

Palavras-chave: *certificação ambiental, ISO 14000, gerenciamento ambiental, resíduos sólidos, impactos ambientais.*

Abstract

This work presents the results of the environmental assessment of a painting process of a bus industry. Three assessment methods were used: construction of spreadsheet of aspects and impacts, construction of arrays of "Leopold" modified and the study of the production of solid waste. The generation of hazardous waste from the painting process used is the environmental aspect that requires greater attention. It needs develop of new measures of control based on clean technology. The integration of assessment methods led to a rapid and hierarchical view of the impacts, and to assess the effectiveness of the control measures taken.

Key words: *certification ISO 14000, environmental management, solid waste, environmental impacts.*

1. Introdução

As indústrias como transformadoras de matérias-primas em produtos manufaturados possuem grande responsabilidade na proteção, manuseio e utilização de recursos naturais. Justifica-se assim a procura crescente de desenvolvimento de processos e produtos que tragam na sua concepção a otimização do uso de matérias-primas, a utilização de tecnologias limpas, bem como a minimização da geração de resíduos.

As indústrias do setor metal-mecânico que usam processos galvânicos e de pintura representam um forte potencial de impacto, devido em grande parte, ao emprego de produtos químicos nos processos produtivos e uma geração importante de resíduos, tanto sólidos, como líquidos e gasosos. Atualmente várias abordagens vem sendo adotadas na era da ecologia industrial para minimizar a geração de impactos ambientais. A ecologia industrial surge com princípios bem definidos ligados a integração de atividades produtivas e reciclagem de recursos. Os modelos e as metas da ecologia industrial apontam para um modo de organização da economia segundo princípios de defesa do meio ambiente e exploração sustentável dos recursos naturais (Hinz *et al.*, 2006; Giannetti *et al.*, 2003; Graedel, 2000).

Diferentes instrumentos podem ser utilizados para trabalhar a proposta de ecoeficiência. Dentre os instrumentos, cita-se o Sistema de Gestão Ambiental (SGA), estruturado nas normas ISO SÉRIE 14000, a abordagem da produção limpa e mais recentemente a análise de ciclo de vida (Valle, 2002).

O SGA tem sua estrutura definida e padronizada pela série de normas ISO 14000. Um SGA é uma maneira sistemática e organizada de avaliar, planejar, implementar e medir os processos de um sistema produtivo, numa ótica ambiental (Moura, 2004). O escopo da ISO 14001 exige que a organização elabore sua política ambiental, bem como que os seus objetivos levem em consideração os requisitos legais e as informações referentes aos impactos ambientais significativos. Aplica-se aos efeitos ambientais que possam ser controlados pela organização e sobre os quais a mesma tenha influência. Prevê, também, um processo de melhoria contínua, através do qual a organização deverá estar sempre aperfeiçoando o seu desempenho ambiental, fator importante para a proteção ambiental e minimização de impactos ambientais.

A norma NBR ISO 14001 define com impacto ambiental qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização. Pode-se dizer que a relação aspecto-impacto equivale à relação causa-efeito. Aspectos significativos são aqueles que têm ou podem ter impactos ambientais significativos. Depois de identificados os aspectos e impactos, serão propostos procedimentos de maneira a auxiliar no controle e na definição de responsabilidades.

Dentre os principais métodos de avaliação de impacto ambiental podemos citar o método Delfos, também conhecido como "ad hoc", a listagem de controle (*checklist*), as matrizes de interação, as redes de interação e os modelos de simulação (Barrow, 1997).

Neste trabalho, procurou-se avaliar a situação ambiental do setor de pintura de uma indústria automotiva, levantando aspectos e impactos do setor, bem como a geração de resíduos sólidos. Os estudos realizados permitiram identificar os impactos mais significativos, avaliar as medidas de controle adotadas e levantar alternativas para a melhoria de desempenho ambiental.

2. Materiais e Métodos

Para atingir os objetivos propostos, o trabalho foi dividido nas seguintes etapas:

- Realização do levantamento dos aspectos e impactos.
- Definição da classificação dos impactos através da construção da planilha de aspectos e impactos.
- Quantificação dos impactos através da construção de Matrizes de Leopold.
- Quantificação da geração de resíduos sólidos.
- Identificação dos pontos prioritários para tomadas de ações.

Ao final deste trabalho pretendeu-se identificar pontos de desperdícios de materiais no processo, diminuir a geração de resíduos através de novos controles e propor algumas melhorias no processo de pintura. A seguir é apresentado com maior detalhamento os métodos utilizados para cada etapa.

2.1 Identificação e Classificação de Aspectos e Impactos do setor de pintura

O levantamento dos aspectos e impactos levou em consideração todos os materiais que entram e que saem do processo do setor de pintura. Primeiramente foi feito um estudo do processo do setor identificando todos os materiais e riscos ambientais.

A metodologia da construção das planilhas de identificação permitiu elencar os aspectos ambientais da empresa, a partir do seu fluxograma de processo, determinando os impactos ambientais associados a estes aspectos e avaliar a sua importância, em termos de severidade, frequência e classificação. A planilha de identificação de aspectos e impactos ambientais foi preenchida em relação ao setor estudado observando-se os itens conforme abaixo:

- Fonte / Tarefa / Equipamento: referiu-se as atividades responsáveis pelos impactos (preparação do veículo, cabines de Pintura, estufas, preparo de tinta e almoxarifado).
- Código Aspecto: relaciona-se que tipo de aspecto esta sendo gerado. Os códigos do presente trabalho são: Efluentes Líquidos (EL), Emissões Atmosféricas (EA), Recursos Naturais (RN) e Resíduos Sólidos (RS).
- Descrição do Aspecto: descreve-se o aspecto que gerou o impacto, como exemplo: geração de papel contaminado, consumo de tinta, geração de efluente líquido, entre outros.
- Situação do Aspecto: relacionou-se a situação em que ocorre o aspecto ou atividade a ele associado: N (normal) – quando o aspecto é decorrente da atividade normal; A (anormal) – quando o aspecto ocorreu em decorrência da realização de atividades de manutenção, parada, etc. E (emergencial) – quando o aspecto ocorre em situações ou atividades não planejadas.
- Destino Final do Impacto: descreve-se o destino final do impacto. No presente trabalho foram considerados destinos: Unidade de Processamento de Resíduos (UPR) – onde os resíduos são previamente classificados e processados de acordo com o tipo de resíduo; Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) – onde os efluentes gerados pelos processos são tratados; Atmosfera (ATM) – emissão atmosférica sem controle; Sucateiro (STA) – compradores de sucata; Doação (DOA) – doações a empresas com fins sociais;

Co-processamento (COP) – fornos e co-processamento da própria empresa para confecção de cimento;
Reciclador (RCL) – recicladores cadastrados pela empresa.

- Severidade do Impacto: classifica-se a gravidade do impacto causado ao meio ambiente de acordo com a com o respectivo grau de severidade observando-se:

- Severidade Baixa: Abrangência local. Impacto ambiental: potencial de magnitude desprezível. Degradação ambiental sem conseqüências para o negócio e para a imagem da empresa, totalmente reversível com ações de controle.

- Severidade Média: Abrangência regional. Impacto ambiental de média magnitude capaz de alterar a qualidade ambiental. Degradação ambiental com conseqüências para o negócio e à imagem da empresa, reversíveis com ações de controle (ações mitigadoras).

- Severidade Alta: Abrangência global. Impacto ambiental potencial de grande magnitude. Degradação ambiental com conseqüências financeiras e de imagem irreversíveis mesmo com ações de controle (ações mitigadoras).

- Frequência/Probabilidade do Impacto: define-se com qual frequência o impacto ocorre, para cada aspecto ambiental caracterizado são analisadas as probabilidades ou as frequências observando-se:

- Frequência/Probabilidade Baixa: Existência de procedimentos/Controles/Gerenciamentos adequados dos aspectos ambientais. Reduzido número de aspectos ambientais associados ao impacto em verificação de importância.

- Frequência/Probabilidade Média: Ocorre mais de uma vez/mês. Existência de procedimentos/Controles/Gerenciamentos inadequados dos aspectos ambientais. Número médio de aspectos ambientais associados ao impacto em questão.

- Frequência/Probabilidade Alta: Ocorre diariamente. Inexistência de procedimentos/Controles/Gerenciamento dos aspectos ambientais. Elevado número de aspectos ambientais associados aos impactos em verificação de importância.

A classificação do impacto ambiental é definida através do cruzamento dos critérios de análise severidade e frequência/probabilidade, conforme Tabela 1, fornecendo a categoria final no aspecto ambiental em análise.

Tabela 1: Classificação do aspecto.

Freqüência / Probabilidade	ALTA	MÉDIA	BAIXA
ALTA	Alta Significância	Média Significância	Média Significância
MÉDIA	Média Significância	Média Significância	Baixa Significância
BAIXA	Média Significância	Baixa Significância	Baixa Significância

2.2 Quantificação dos impactos utilizando o método "Matriz de Leopold"

A Matriz de Leopold é um método quantitativo de avaliação de impacto. Segundo Tommasi (1994), o uso da Matriz de Leopold permite uma rápida identificação, ainda que preliminar, dos problemas ambientais envolvidos em determinado processo, também permite identificar para cada atividade, os efeitos potenciais sobre as variáveis ambientais. Este método foi utilizado na tentativa de confrontar os impactos de alta e média significância obtidos a partir da planilha de aspectos e impactos ambientais (Tabela 2) com as medidas de controle já adotadas pela empresa. As medidas de controle utilizadas foram: Unidade de Processamento de Resíduos (UPR); Estação de Tratamento de Efluentes (ETE); Atmosfera (ATM); Sucateiro (STA); Doação (DOA); Co-processamento (COP); Reciclador (RCL). Desta forma pretendeu-se verificar qual o grau de redução dos impactos obtidos com os controles.

Os fatores ambientais avaliados referem-se ao solo, a água, e o ar. Foi utilizada uma escala de impacto de 1 a 5, como segue:

- 1 – Baixo Impacto
- 2 - Médio Baixo Impacto
- 3 – Médio Impacto
- 4 – Médio Alto Impacto
- 5 – Alto Impacto

2.3 Quantificação da geração de resíduos sólidos

A partir dos principais impactos elencados foi realizado um diagnóstico quali-quantitativo referente a geração de resíduos no setor de pintura, visando apontar possíveis situações de não conformidade e de sugerir possíveis alternativas para melhorar o desempenho ambiental do setor.

O período de levantamento de dados da geração de resíduos foi de um mês. A identificação da origem dos resíduos no processo foi realizada através do estabelecimento de um fluxo de materiais que permitiu identificar os materiais utilizados, bem como os resíduos gerados e conseqüentemente estabelecer metas para a redução da geração.

A quantificação foi realizada através da pesagem dos resíduos previamente classificados na Central de Processamento de Resíduos da empresa estudada.

De uma forma geral, esta etapa do trabalho permitiu:

- Identificar do caminho do resíduo até o ponto onde é gerado.

- Compilar os dados de uma forma orientada.
- Identificar as fraquezas / deficiências do processo de produção.
- Estabelecer de prioridades razoáveis para medir e minimizar futuros resíduos e emissões.

3. Resultados e Discussão

3.1 Resultados da Avaliação da Planilha de Aspectos e Impactos

Os resultados obtidos na identificação dos aspectos e impactos para cada etapa do processo de pintura estudado encontram-se apresentados na Tabela 2. Dentre os aspectos levantados temos: geração de latas contaminadas, consumo de solvente de limpeza, geração de efluente contaminado com tinta, geração de tinta catalisada, geração de borra de tinta, consumo de tinta e consumo de catalisador.

Na Tabela 3 estão apresentados os aspectos identificados com a referida classificação de impacto obtida. Ao analisar a Tabela 3, pode-se verificar que as maiores partes dos impactos estão relacionados com a tinta, como: latas usadas, efluente contaminado com tinta, geração de tinta catalisada, borra de tinta, consumo de solvente e consumo de catalisador. Isto aponta a necessidade de que a empresa busque alternativas como: substituir as embalagens da tinta por uma retornável, aumentar o volume da embalagem das latas, diminuindo assim a geração de latas. A maior parte da tinta usa solvente orgânico, necessitando estudos que aponte a possibilidade de usar outro tipo de tinta ou processo buscando a minimização da geração de solvente contaminado, tinta catalisada e borra de tinta.

Tabela 2 – Resultados da planilha de aspectos e impactos.

Fonte / Tarefa	Aspecto			Impacto									
	Código	Descrição	Situação N/A/E	Destino Final	Severidade			Frequência			Classificação		
					A	M	B	A	M	B	A	M	B
Preparação do Produto	-	Geração de pó de lixamento	N	ATM		X		X				X	
	RS-9	Geração de lixas usadas	N	UPR		X				X		X	
	RS-1	Geração de latas usadas	N	STA	X			X			X		
	-	Consumo de solvente de limpeza	N	-	X			X			X		
	RS-4	Geração de panos contaminados	N	RCL		X		X				X	
	RS-13	Geração de papel contaminado	N	UPR		X		X				X	
	RS-9	Geração de miolo de fita crepe	N	UPR			X			X			X
	RS9	Geração de varredura	N	UPR		X				X		X	
Cabines de Pintura	-	Geração de efluente contaminado	N	ETE	X			X			X		
	-	Consumo de soda cáustica	N	-	X					X		X	
	RS-4	Geração de panos contaminados	N	RCL		X		X				X	
	RS-9	Geração de varredura	N	UPR		X				X		X	
	-	Geração de borra de tinta	N	COP	X			X			X		
	RS-9	Geração de miolo de fita crepe	N	UPR			X			X			X
-	Vazamento prod químicos	E	-	X					X		X		
Preparação da Tinta	RS-14	Geração de plástico contaminado	N	UPR			X	X				X	
	RS-12	Geração de papel limpo	N	UPR		X		X				X	
	RS-9	Geração de varredura	N	UPR						X		X	
	RS-1	Geração de latas contaminadas	N	STA	X			X			X		
	-	Geração de tinta catalizada	N	COP	X			X			X		
	RS-3	Geração de solvente de limpeza	N	RCL	X			X			X		
	RS-4	Geração de panos contaminados	N	UPR		X		X				X	
	RS-14	Geração de bombonas vazias	N	UPR		X				X		X	
	RS-4	Geração de EPI's usados	N	UPR		X		X				X	
	RN-3	Consumo de tinta	N	-	X			X			X		
	RN-3	Consumo de catalizador	N	-	X			X			X		
	RN-3	Consumo de solvente de limpeza	N	-	X			X			X		
	-	Vazamento prod químicos	E	-	X					X		X	
Geral	RS-6	Lâmpadas fluorescentes	N	RCL	X				X			X	

Tabela 3: Resumo da planilha de aspectos e impacto.

Aspecto	Classificação do Impacto
Borra de Tinta Latas Usadas Efluente Contaminado com Tinta Geração Tinta Catalisada Consumo de Tinta Consumo de Catalisador Consumo de Solvente	Alto
Pó de Lixamento Lixas Usadas Panos Contaminados Papel Contaminado Varredura (restos de alimentos, etc.) Possibilidade Vazamento Produtos Químicos Consumo de Polímero B-100 Consumo de Soda Cáustica Plástico Contaminado Papel Limpo Bombonas Vazias EPI's Usados Cartuchos de Impressora Lâmpadas Fluorescentes	Moderado
Miolo de Fita Crepe Copinhos Plásticos Chapas Pintadas Plástico Duro Plástico Mole Limpo	Não Significativo

3.2 Resultados da Quantificação dos impactos com e sem medidas de controle

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados obtidos na quantificação dos impactos usando a Matriz de Leopold, não considerando as medidas de controle adotadas pela empresa. Na Tabela 5 têm-se os resultados obtidos considerando as medidas de controle adotadas pela empresa que foram as seguintes: Unidade de Processamento de Resíduos (UPR) – onde os resíduos são previamente classificados e processados de acordo com o tipo de resíduo; Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) – onde os efluentes gerados pelos processos são tratados; Atmosfera (ATM) – emissão atmosférica sem controle; Sucateiro (STA) – compradores de sucata; Doação (DOA) – doações a empresas com fins sociais; Co-processamento (COP) – fornos e co-processamento da própria empresa para confecção de cimento; Reciclador (RCL) – recicladores cadastrados pela empresa.

Tabela 4 – Matriz de Leopold, sem medidas de proteção ambiental (Fonte: Tommasi, 1994).

Componentes	Solo					Água							Ar				TOTALS PARCIAIS
	Propriedades Físicas	Propriedades Químicas	Propriedades Biológicas	Estabilidade	Erosão	Alteração de PH	Sólidos Totais	DQO / DBO	Metais	Contaminantes Orgânicos	Temperatura	Consumo	Poeira	Gases	Ruído	Vapores Orgânicos	
Borra de Tinta	5	5	5	4	2	2	4	4	4	5	2	2	-	3	-	3	50
Latas Usadas	5	5	5	3	2	3	3	4	5	2	2	2	-	-	-	-	41
Consumo de Solvente de Limpeza	4	4	4	3	1	4	4	4	5	1	1	3	-	3	-	-	41
Efluente Contaminado com Tinta	5	5	5	4	2	5	5	5	5	5	4	4	-	3	-	-	57
Latas Contaminadas	5	5	5	4	2	5	5	5	5	2	2	2	-	1	-	-	48
Geração Tinta Catalisada	5	5	5	4	2	5	5	5	5	3	4	4	-	3	-	-	55
Consumo de Tinta	4	4	4	2	-	2	3	3	3	2	1	2	-	2	-	-	32
Consumo de Catalisador	4	4	4	2	-	2	3	3	3	2	1	2	-	3	-	-	33
Consumo de Solvente	4	4	4	2	-	2	3	3	3	2	1	2	-	3	-	-	33
Pó de Lixamento	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	5	3	2	3	17
Lixas Usadas	4	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	21
Panos Contaminados	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	-	-	-	-	30
Papel Contaminado	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	-	-	-	-	30
Varredura (restos de alimentos, etc.)	1	1	1	1	-	2	2	1	1	3	1	2	-	2	-	3	21
Possibilidade Vazamento Produtos Químicos	5	5	5	5	3	5	5	4	5	2	3	4	-	4	-	-	55
Consumo de Soda Cáustica	4	4	4	4	2	2	2	2	2	2	1	2	-	-	-	-	31
Plástico Contaminado	3	3	3	3	-	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	19
Papel Limpo	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	6
Bombonas Vazias	4	4	4	2	2	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	19
EPI's Usados	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	-	2	-	-	-	-	15
Cartuchos de Impressora	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	13
Lâmpadas Fluorescentes	2	2	2	2	1	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	1	12
Miolo de Fita Crepe	3	3	3	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13
Copinhos Plásticos	3	3	3	3	-	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	19
Chapas Pintadas	4	4	4	4	2	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	25
Plástico Duro	2	2	2	2	-	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	15
Plástico Mole Limpo	2	2	2	2	-	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	15
TOTAL																	766

Tabela 5: Matriz de Leopold com medidas de proteção ambiental.

Componentes	Solo					Água						Ar				TOTAIS PARCIAIS	
	Propriedades Físicas	Propriedades Químicas	Propriedades Biológicas	Estabilidade	Erosão	Alteração de PH	Sólidos Totais	DQO / DBO	Metais	Contaminantes Orgânicos	Temperatura	Consumo	Poeira	Gases	Ruído		Vapores Orgânicos
Borra de Tinta	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	1	1	-	1	-	-	20
Latas Usadas	3	3	3	2	1	2	2	2	3	1	1	1	-	-	-	-	24
Consumo de Solvente de Limpeza	3	3	3	2	1	2	2	2	3	1	1	2	-	2	-	-	27
Efluente Contaminado com Tinta	3	3	3	2	1	3	3	3	3	3	2	2	-	2	-	-	33
Latas Contaminadas	3	3	3	2	1	3	3	3	3	1	1	1	-	1	-	-	28
Geração Tinta Catalisada	3	3	3	2	1	3	3	3	3	1	2	2	-	1	-	-	30
Consumo de Tinta	2	2	2	1	-	1	2	2	2	1	1	1	-	1	-	-	18
Consumo de Catalisador	2	2	2	1	-	1	2	2	2	1	1	1	-	2	-	-	19
Consumo de Solvente	3	3	3	1	-	1	2	2	2	1	1	1	-	2	-	-	22
Pó de Lixamento	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	5	3	2	3	17
Lixas Usadas	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	18
Panos Contaminados	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	16
Papel Contaminado	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	15
Varredura (restos de alimentos, etc.)	1	1	1	1	-	2	2	1	1	3	1	2	-	2	-	3	21
Possibilidade Vazamento Produtos Químicos	5	5	5	5	3	5	5	4	5	2	3	4	-	4	-	-	55
Consumo de Soda Cáustica	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	20
Plástico Contaminado	2	2	2	2	-	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	15
Papel Limpo	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	6
Bombonas Vazias	2	2	2	1	1	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	11
EPI's Usados	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	-	2	-	-	-	-	15
Cartuchos de Impressora	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	10
Lâmpadas Fluorescentes	2	2	2	2	1	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	1	12
Miolo de Fita Crepe	2	2	2	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9
Copinhos Plásticos	2	2	2	2	-	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	15
Chapas Pintadas	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	20
Plástico Duro	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	11
Plástico Mole Limpo	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	11
TOTAL																	518

Como o critério da pontuação usada na matriz foi crescente, ou seja, menor impacto recebe valor de 0 ou 1 e maior impacto recebe 5, quanto maior o somatório maior o impacto. O impacto do setor de pintura é o somatório total.

Comparando-se as duas matrizes pode-se verificar a importância das medidas de controle sobre a minimização de impactos e a necessidade das mesmas para a implantação de um Sistema de Gestão Ambiental. Verifica-se que o somatório de impactos decresce de 766 para 518. Contudo, a pontuação de 518 ainda é um somatório importante, ou seja, o impacto ainda é alto. Para a obtenção da certificação ambiental – ISO 14001, novas medidas de mitigação de impactos deverão ser implementadas.

Na Tabela 6 estão apresentados os resultados das matrizes de Leopoldo com e sem controle em decrescente de magnitude de impacto, visando uma análise comparativa dos impactos sem e com controle.

Tabela 6: Comparativo da Matriz de Leopold (por ordem decrescente de magnitude de impactos).

Aspecto / Impacto	Sem Controle	Com Controle
Panos Contaminados	55	55
Consumo de Solvente de Limpeza	57	33
Consumo de Solvente	55	30
Latas Usadas	48	28
Latas Contaminadas	41	27
Geração Tinta Catalisada	41	24
Chapas Pintadas	33	22
Pó de Lixamento	21	21
Efluente Contaminado com Tinta	50	20
Plástico Contaminado	31	20
Miolo de Fita Crepe	25	20
Consumo de Soda Cáustica	33	19
Varredura (restos de alimentos, etc.)	32	18
Borra de Tinta	31	18
Lixas Usadas	21	18
Consumo de Catalisador	17	17
Consumo de Tinta	30	16
Papel Contaminado	19	15
Lâmpadas Fluorescentes	15	15
Cartuchos de Impressora	19	15
Plástico Duro	12	12
Copinhos Plásticos	19	11
Papel Limpo	15	11
Plástico Mole Limpo	13	10
Bombonas Vazias	13	9
Possibilidade Vazamento Produtos Químicos	7	7
EPI's Usados	6	6
Totais	766	518

Observa-se que os impactos de maior significância estão relacionados a geração de resíduos e alguns deles, como no caso, panos contaminados, pó de lixamento, EPI's usados não possuem ainda nenhuma medida de controle. Observa-se que o aspecto de possibilidade de vazamentos de produtos químicos aponta que a empresa necessita implementar alguma ação com o objetivo de prevenir o vazamento de produtos, diminuindo o perigo de causar algum impacto e contribuir significativamente para a segurança dos funcionários. O processo de pintura e a geração de resíduos deste processo são de fato os impactos de maior significância mesmo com as medidas de controle já discriminadas.

3.3 Resultados da quantificação da geração de resíduos sólidos

Na Figura 1 está apresentado o fluxo de matéria do processo de pintura, indicando as respectivas entradas e saídas. Nesta figura observa-se que a geração de resíduos é relacionada ao processo de pintura utilizada.

Na Tabela 7 estão apresentados os resultados da quantificação dos resíduos sólidos gerados no período de 30 dias, sendo que neste período fabricou-se aproximadamente 500 unidades de produção.

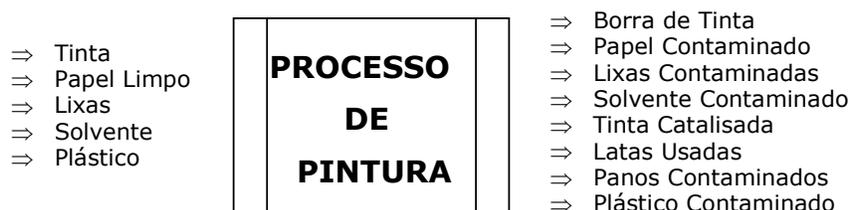


Figura 1: Fluxo de matéria do setor de pintura.

Tabela 7: Quantificação dos resíduos sólidos gerados.

Aspecto	Geração Kg / mês	Tratamento / Destino
Borra de Tinta	12600 Kg / mês	Co-processamento (fabricação de cimento)
Papel Contaminado	30200 Kg / mês	Reciclagem e posterior reuso
Lixas Contaminadas	1200 Kg / mês	Aterro próprio
Solvente Contaminado	40000 Kg / mês	Reciclagem
Tinta Catalisada	3780 Kg / mês	Co-processamento (fabricação de cimento)
Latas Usadas	13700 Kg / mês	Unidade de Processamento de Resíduos
Pano Contaminado	107 Kg / mês	Unidade de Processamento de Resíduos
Plástico Duro	11875 Kg / mês	Unidade de Processamento de Resíduos
Plástico Mole	9030 Kg / mês	Unidade de Processamento de Resíduos
Plástico Contaminado	1330 Kg / mês	Unidade de Processamento de Resíduos

O processo de pintura gera uma grande quantidade de resíduos, sendo grande parte destes perigosos. Observa-se que as lixas contaminadas estão sendo dispostos em aterro próprio, com uma geração aproximada de 1200 kg/mês, não havendo nenhuma forma de valorização. Observa-se que os resíduos: borra de tinta, papel contaminado, apesar de serem perigosos estão sendo destinados para co-processamento e reciclagem que não deixa de agregar valor aos resíduos. Contudo, essa é a abordagem tradicional de gerenciamento de resíduos, ou seja, “abordagem de final de tubo”. A seqüência lógica e defendida atualmente para a gestão de resíduos seria: não gerar, minimizar a geração, tratar e dispor, como preconiza o princípio da tecnologia limpa. A OECD (Organization for Economic Co-operation and Development) em 1997 definiu tecnologias limpas como “... qualquer medida técnica na indústria, para reduzir, ou até eliminar na fonte, a produção de qualquer incômodo, poluição ou resíduo, e ajudar na economia de matéria-prima, recursos naturais e energia. Elas podem ser introduzidas tanto em nível de projeto, com mudanças radicais no processo de manufatura, ou num processo existente, com a separação e utilização de produtos secundários que de outra maneira seriam perdidos” (Baas, 1996). Na revisão

bibliográfica, a adoção desta estratégia permitiria, por exemplo, como menciona Maciel (2005), o que segue:

- Melhor conhecimento do processo industrial através da geração de indicadores ambientais e de processo;
- Eliminação de desperdícios;
- Minimização ou eliminação de matérias-primas e outros insumos impactantes para o meio ambiente;
- Redução dos resíduos e emissões;
- Redução dos custos de gerenciamento dos resíduos;
- Minimização dos passivos ambientais;
- Incremento na saúde e segurança no trabalho;
- Conscientização ambiental dos funcionários;
- Redução de gastos com multas e outras penalidades;
- Redução no consumo de energia e água;
- Melhor imagem da empresa perante os vizinhos, clientes, fornecedores e os órgãos ambientais.

Para a empresa atingir estes objetivos sugere-se que:

- Paralelamente à implementação do Sistema de Gestão Ambiental seja desenvolvida uma política interna para o desenvolvimento de um programa de Produção Mais Limpa, e que o mesmo comece pelo setor de pintura.
- Intensificação do processo de devoluções de embalagens para os fornecedores para reaproveitamento ou destinação final.
- Impermeabilização da área de preparação de tintas e estocagem de containeres e que os funcionários envolvidos sejam treinados pela Equipe Interna de Combate a Incêndios (EICI).
- Inserção de Vazamentos de Produtos Químicos no plano de emergência da empresa.

4. Conclusão

Neste artigo foi apresentada a avaliação ambiental de uma empresa do setor metal mecânico utilizando três metodologias integradas. Os métodos de avaliação de impacto e de geração de resíduos apontam que os aspectos ambientais de maior impacto estão relacionados ao consumo de tinta.

A matriz de Leopold permitiu quantificar e hierarquizar os impactos mais importantes. A comparação das matrizes com e sem controles mostrou que as medidas são eficientes na diminuição do impacto. Apesar da redução do impacto através das medidas implementadas pela empresa a matriz mostra ainda a necessidade de outras ações para a minimização destes impactos.

A geração de resíduos sólidos perigosos oriundos do processo de pintura utilizado é o aspecto ambiental que requer maior atenção e necessidade de desenvolvimento de novas medidas de controle baseadas no princípio da tecnologia limpa.

A integração dos métodos de avaliação permitiu uma visualização rápida e hierarquizada dos impactos, além de permitir avaliar a eficiência das medidas de controle adotadas. Desta forma, este trabalho apresenta um instrumento de auxílio no processo de avaliação e controle dos impactos ambientais e implantação de um Sistema de Gestão Ambiental.

5. Agradecimentos

À engenheira Eliana Paula Zanol de Oliveira pela viabilização do trabalho junto a empresa Marcopolo S.A. e ao Prof. Carlos Alberto Costa (coordenador de estágio supervisionado em Engenharia de Produção da Universidade de Caxias do Sul) pelo apoio.

Referências

BARROW, C.J. 1997. *Environmental and Social Impact Assessment - An Introduction*. Oxford University Press Inc., New York, 320 p.

BAAS, L. 1996. An Integrated Approach to cleaner production. In: K.B. MISRA (ed.), *Clean Production, Environmental and economic perspectives*. 1ª ed., Berlin, Springer, p. 211-226.

GRAEDEL, T. E. 2000. The Evolution of Industrial Ecology. *Environmental Science & Technology, News*, **34**(1):28A-31A.

HINZ, R. T. P.; VALENTINA, L. V. D.; FRANCO, A. C. 2006. Sustentabilidade ambiental das organizações através da produção mais limpa ou pela Avaliação do Ciclo de Vida. *Estudos Tecnológicos em Engenharia*, 2(2):91-98.

MACIEL, C. B. 2005. *Avaliação da geração do resíduo sólido areia de fundição visando sua minimização utilizando o programa de Produção Mais Limpa*. Porto Alegre, UFRGS, 119 p.

MOURA, L. A. A. 2004. *Qualidade e Gestão Ambiental*. 4º ed., São Paulo, Juarez de Oliveira, 416 p.

NBR ISO 14001:2004. 2004. Sistemas da Gestão Ambiental – Requisitos com orientações para o uso, 20 p.

NBR ISO 14001:2005. 2005. Sistemas da Gestão Ambiental – Diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio, 26 p.

GIANNETTI, B. F.; ALMEIDA, C. M. V. B. e C. M. RIBEIRO. 2003. Avaliação do ciclo de vida (ACV): uma ferramenta importante da ecologia industrial. In: VII ENGEMA Encontro Nacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, São Paulo, 2003. Anais... São Paulo, 2003, v. 1.

TOMMASI, L. R. 1994. *Estudo de Impacto Ambiental*. 1º ed., São Paulo, CETESB, 355 p.

VALLE, C. E. do. 2002. *Como se Preparar para as Normas ISO 14000*. 3º ed., São Paulo, Pioneira, 156 p.

Submissão: 27/10/2007
Aceite: 18/11/2007