

# **AVALIAÇÃO DE IMPACTOS E IDENTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADES DE IMPLEMENTAÇÃO DE P+L NO PROCESSO PRODUTIVO DE VAGÕES FERROVIÁRIOS**

**Ana Luiza Enders Nunes Vieira** - Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC

e-mail: [alenders@uol.com.br](mailto:alenders@uol.com.br)

**Jorge André Ribas Moraes** - Doutor em Engenharia de Produção – UFSC

e-mail: [jorge@unisc.br](mailto:jorge@unisc.br)

Professor orientador do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC

**Ênio Leandro Machado** - Doutor em Engenharia Metalúrgica - UFRGS

e-mail: [enio@unisc.br](mailto:enio@unisc.br)

Professor orientador do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC

**Resumo:** O presente estudo tem como objetivo principal a identificação, análise e avaliação das ações, aspectos e impactos ambientais do processo produtivo de vagões ferroviários. A empresa selecionada para avaliação tem sua matriz sediada no estado do Rio Grande do Sul, onde foram identificados e analisados 25 (vinte e sete) ações e/ou processos impactantes por meio de visita “in loco” e pelo método da Matriz de Interação dos problemas ambientais para os meios físico, biótico e antrópico. Dos resultados obtidos, os principais problemas ambientais verificados no empreendimento foram: uso de recursos naturais e fontes energéticas não renováveis, geração de ruídos, emissões de materiais particulados, risco ocupacional e desperdício de água. Em síntese, conclui-se que a avaliação de impactos é de extrema importância para a identificação de oportunidades de implementação de P+L e que estas, aliadas às ações já adotadas pela empresa, são instrumentos para a melhoria das condições ambientais e da produtividade.

**Palavras-chave:** Produção de vagões, Impactos ambientais, Produção mais limpa.

## **1. INTRODUÇÃO**

O aumento progressivo da produção de bens e serviços que movimentam a economia global agrava os problemas ambientais que ameaçam a existência de recursos naturais, principalmente os não-renováveis.

No Brasil e em muitos outros países, durante um longo período de tempo, a poluição era vista como um indicativo do progresso. Essa percepção foi mantida até que os problemas relacionados à degradação do meio ambiente se intensificaram (BRAGA, 2005).

A sociedade atual, mais consciente do seu papel na proteção ao meio-ambiente, já começa a cobrar das empresas uma postura correta e ativa diante dos problemas enfrentados. Estas, por sua vez, se vêem obrigadas a investir na proteção ao meio ambiente, não somente para atender às imposições das legislações em vigor, mas também como forma de criar um diferencial em relação àquelas empresas desprovidas de consciência ambiental e, com isso, assegurar competitividade no mercado.

Um planejamento ambiental eficiente tem início na análise do processo produtivo e na avaliação de seus impactos, visando identificar possíveis falhas e possibilidades de melhorias (SANTOS, 2002). Assim, o presente trabalho tem por objetivo avaliar, identificar e propor medidas ambientais para as ações impactantes desenvolvidas em atividades industriais de empresas que produzem vagões ferroviários, oferecendo um instrumento de gestão para a melhoria do desempenho ambiental das mesmas.

A escolha da fábrica de vagões ferroviários (figura 1) foi feita com base numa série de aspectos, dentre eles: a grande área ocupada, próxima a uma área de proteção ambiental onde está localizada a barragem que abastece a cidade, a atividade realizada, que consome grande quantidade de matérias-primas e recursos não-renováveis e, principalmente, a postura correta adotada frente às normas ambientais e trabalhistas.

Figura 1 – Vista do interior da Fábrica



## 2. METODOLOGIA

O presente estudo baseou-se em trabalho de campo e aplicação de ferramentas de avaliação ambiental. Foram acompanhadas todas as fases do processo produtivo para a elaboração do estudo de entradas e saídas do processo e para a identificação de aspectos e impactos ambientais.

A identificação e caracterização qualitativa dos impactos foram feitas a partir da utilização do método Matriz de Interação derivada da Matriz de Leopold (LEOPOLD *et. al.* 1971). As atividades realizadas e seus prováveis impactos ao meio físico, biótico e antrópico foram representados e co-relacionados na matriz de interação. Na intersecção entre a atividade (linha) e o fator ambiental considerado (coluna) está a caracterização qualitativa dos impactos, que seguiu os seguintes critérios:

Características de valor:

**P** = Impacto positivo: quando uma ação causa melhoria da qualidade de um parâmetro;

**N** = Impacto negativo: quando uma ação causa dano à qualidade de um parâmetro.

Características de ordem:

**D** = Impacto direto: quando resulta de uma simples relação de causa e efeito;

**I** = Impacto indireto: quando é uma reação secundária em relação à ação.

Características espaciais:

**L** = Impacto local: quando a ação circunscreve-se ao próprio sítio e suas imediações;

**R** = Impacto regional: quando um efeito se propaga por uma área além das imediações;

**E** = Impacto estratégico: o componente é afetado coletivo, nacional ou internacional.

Características temporais:

**C** = Impacto em curto prazo: quando o efeito surge no curto prazo;

**M** = Impacto em médio prazo: quando o efeito se manifesta no médio prazo;

**O** = Impacto em longo prazo: quando o efeito se manifesta no longo prazo.

Características dinâmicas:

**T** = Impacto temporário: quando o efeito permanece por um tempo determinado;

**Y** = Impacto cíclico: quando o efeito se faz sentir em determinados períodos (ciclos);

**A** = Impacto permanente: executada a ação, os efeitos não cessam de se manifestar num horizonte temporal conhecido.

Características plásticas:

**V** = Impacto reversível: a ação cessada, o fator ambiental retorna às condições originais;

**S** = Impacto irreversível: quando cessada a ação, o fator ambiental não retorna às suas condições originais, pelo menos num horizonte de tempo aceitável pelo homem.

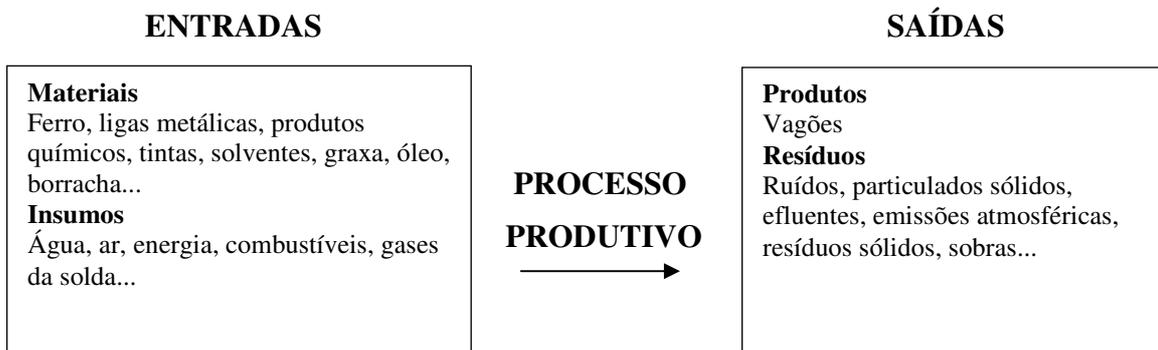
A partir da classificação das etapas com base nos aspectos e impactos observados, os principais problemas foram caracterizados e amplamente discutidos com o corpo administrativo da fábrica, a fim de identificar alternativas viáveis de implantação de P+L.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Avaliação do processo produtivo: aspectos e impactos de cada etapa

O maior fator de impacto negativo ao meio ambiente percebido foi com relação ao uso de recursos naturais e fontes energéticas não renováveis. No processo de fabricação há um alto consumo energia elétrica, metais e gases para soldagem, óleo diesel, óleo hidráulico, GLP, água, oxigênio, tintas e solventes. A figura 2 apresenta o fluxograma de massa e energia do processo estudado.

Figura 2 – Fluxograma de massa e energia do processo



As etapas de produção foram divididas em fases para melhor identificar as atividades e os aspectos mais impactantes ao meio, conforme segue abaixo:

**Estocagem:** A principal matéria-prima é o metal, que é trazido em caminhões. São peças em ferro fundido que já chegam prontas (eixos, rodas...) e o aço para a fabricação dos vagões, que constitui desde grandes chapas até peças de pequeno porte, como parafusos e porcas. Por serem pesadas, algumas são levadas com o auxílio das pontes rolantes e de empilhadeiras ao local de estocagem: um galpão coberto e fechado, onde são separadas por lotes e recebem denominações relativas a quantidade, peso e periculosidade.

Impactos negativos associados ao processo de estocagem:

- Consumo de energia elétrica (pontes rolantes);
- Consumo de óleo diesel e emissão de gases poluentes e ruídos (caminhões, empilhadeiras).

**Corte:** Novamente as pontes rolantes e empilhadeiras fazem o transporte. O corte é feito com maçaricos (que utilizam GLP e oxigênio) e máquinas do tipo guilhotina.

Impactos negativos associados ao processo de corte:

- Consumo de energia elétrica (pontes rolantes e guilhotina);
- Consumo de óleo hidráulico (guilhotinas);
- Consumo de óleo diesel e emissão de gases poluentes e ruídos (empilhadeiras);
- Consumo de GLP e emissão de calor (maçaricos);

**Montagem:** Os recortes menores são movimentados manualmente até o setor de montagem, mas as pontes rolantes e empilhadeiras ainda são necessárias para movimentar as chapas. A dobradeira e a calandra dão às peças o formato desejado, de acordo com a regulagem dos gabaritos. Utilizam energia elétrica e óleo hidráulico. Para agrupar as partes, são utilizadas soldas MIG, parafusos, porcas e, eventualmente, rebites. As figuras 3a e 3b ilustram a execução da solda.

Impactos negativos associados ao processo de montagem:

- Consumo de energia elétrica (pontes rolantes, calandra, dobradeira, soldas MIG);
- Consumo de óleo hidráulico (calandra, dobradeira);
- Consumo de óleo diesel e emissão de gases poluentes (empilhadeiras);
- Consumo de gases inertes (soldas MIG);
- Emissões de ruído (empilhadeiras, pontes rolantes, calandra, dobradeira);
- Geração de resíduos (retalhos de tecidos com graxa).

Figuras 3a e 3b – Execução da solda na fase de montagem



(3a)



(3b)

**Testes:** Uma mini-locomotiva movida a óleo diesel reboca os vagões de carga para o pátio. Lá são realizados os testes do chuveiro, para verificar se não há infiltração. Os vagões tanque passam por testes de raios-x realizados no local da montagem, mas apenas a equipe que os realiza permanece no local. A fabricação dos vagões tanque foi iniciada

recentemente. As primeiras unidades, após os testes de raios-x, passarão por testes de “estancagem” a fim de verificar se não há vazamentos.

Impactos negativos associados à realização dos testes:

- Consumo de óleo diesel e emissão de gases poluentes e ruídos (mini-locomotiva);
- Consumo de energia elétrica (bomba d’água);
- Desperdício de água;
- Manuseio de material radioativo.

**Pintura:** A mesma mini-locomotiva leva os vagões para uma cabine de pintura. Lá, eles recebem uma aplicação de decapante para remover impurezas que podem prejudicar a qualidade da pintura. Depois, recebem uma pintura de base e a cor definitiva. O profissional utiliza pistolas que funcionam com energia elétrica e ar comprimido. Há um sistema de exaustão que leva o material particulado para uma câmara.

Impactos negativos associados ao processo de pintura:

- Consumo de óleo diesel (mini-locomotiva);
- Emissão de ruídos e gases poluentes (mini-locomotiva, movida a óleo diesel);
- Emissão de materiais particulados (tintas);
- Produção de resíduos e odores (solventes, tintas, filtros).

**Montagem dos “trucks”:** A mini-locomotiva traz os vagões de volta para que os conjuntos eixo e rodas de serviço (chamados trucks) sejam substituídos pelos definitivos. Isto é feito por meio da ponte rolante.

Impactos negativos associados ao processo de montagem dos “trucks”:

- Consumo de óleo diesel e emissão de gases poluentes e ruídos (mini-locomotiva);
- Consumo de energia elétrica (pontes rolantes, soldas MIG);
- Consumo de gases inertes (soldas MIG);
- Geração de resíduos (retalhos de tecidos com graxa).

**Despacho:** Os vagões são levados para o pátio, onde aguardarão a locomotiva que os transportará para o destino final.

Impactos negativos associados ao processo de despacho:

- Consumo de óleo diesel e emissão de gases poluentes e ruídos (mini-locomotiva);

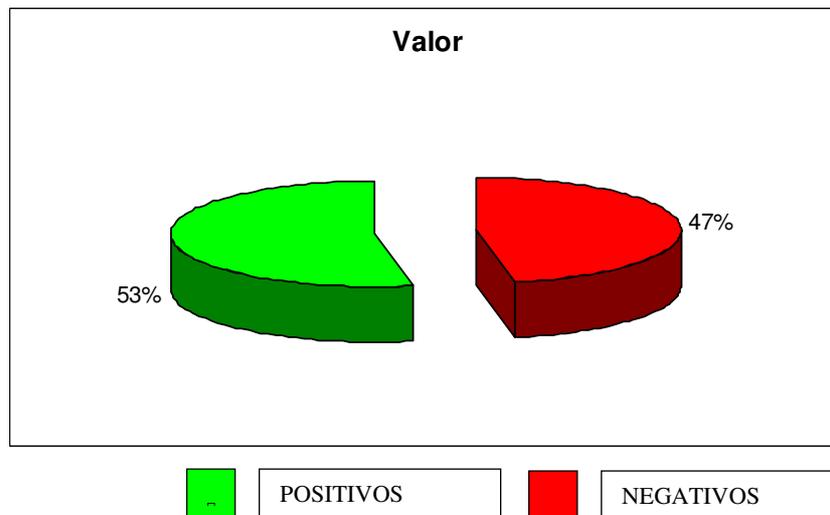
Após esta caracterização, as respectivas atividades do empreendimento foram apresentadas numa Matriz de Interação, onde se identificou 25 (vinte e cinco) ações impactantes (linhas), sendo que as mesmas tiveram que ser multiplicadas por 16

(dezesseis) fatores ambientais considerados relevantes, resultando 400 (quatrocentas) possíveis relações de impactos, e 223 (duzentos e vinte e três) impactos identificados.

Dos 223 impactos identificados apresentam-se os seguintes resultados para subsídio à proposição de medidas ambientais, minimizadoras ou potencializadoras:

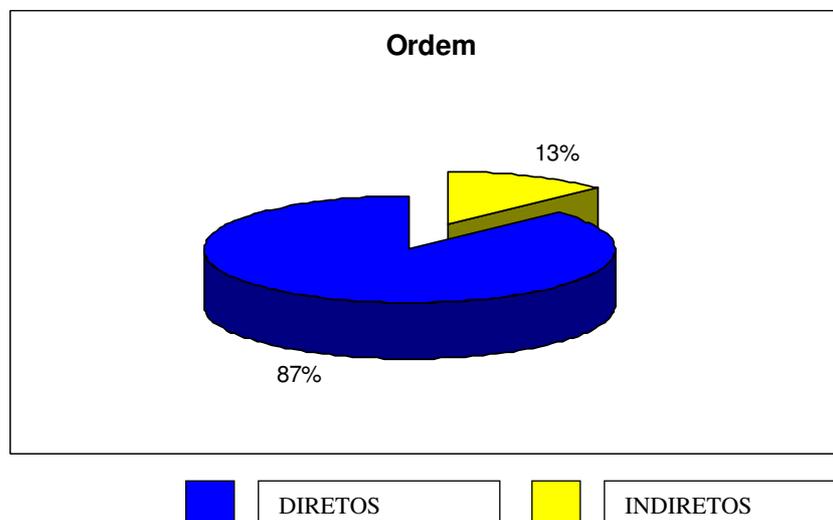
Do total de impactos listados 47% são negativos e 53% positivos, segundo o critério de valor (Figura 4).

Figura 4: Avaliação Qualitativa de Impactos Ambientais, conforme o critério de Valor.



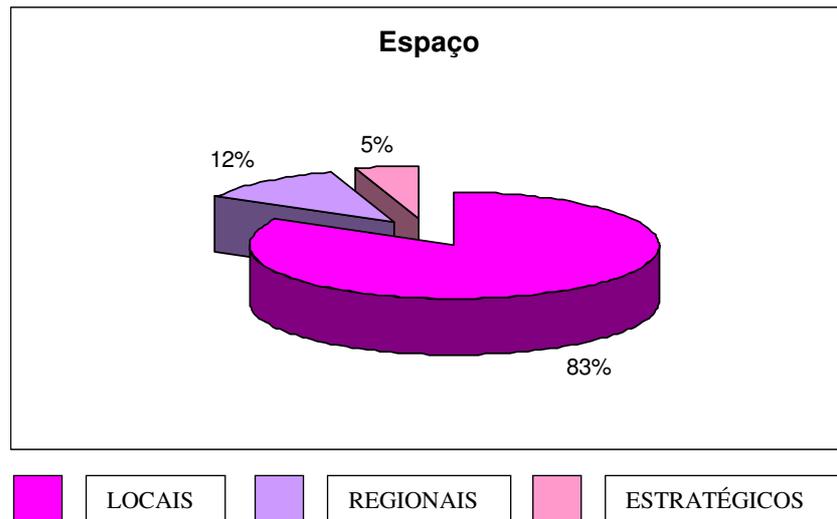
Com relação aos critérios de ordem, 87 % são de caráter direto e 13 % de caráter indireto (Figura 5).

Figura 5: Avaliação Qualitativa de Impactos Ambientais, para critério de Ordem.



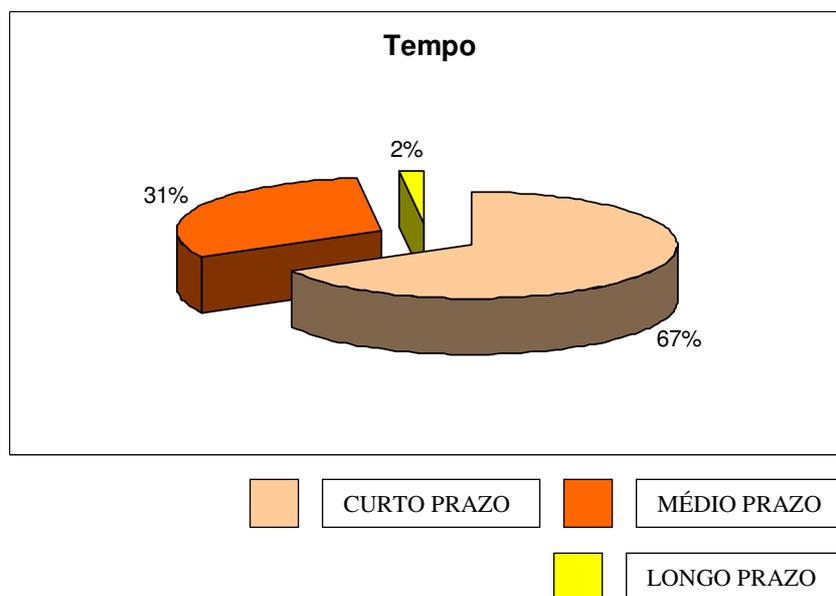
Conforme o critério espacial, 83% são locais, 12% regionais e 5% estratégicos (Figura 6).

Figura 6: Avaliação Qualitativa de Impactos Ambientais, em relação ao Espaço.



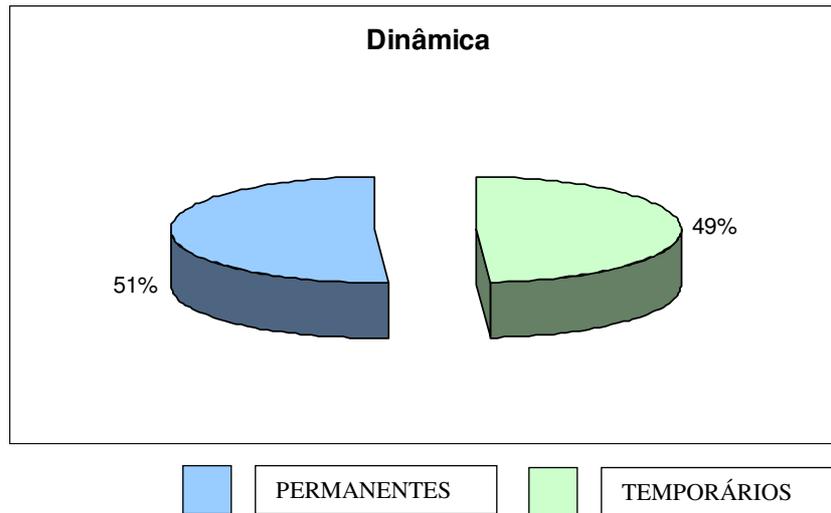
Para o critério de tempo, 67% são considerados de curto prazo e 31% médio prazo e 2% longo prazo (Figura 7).

Figura 7: Avaliação Qualitativa de Impactos Ambientais, segundo o critério Temporal.



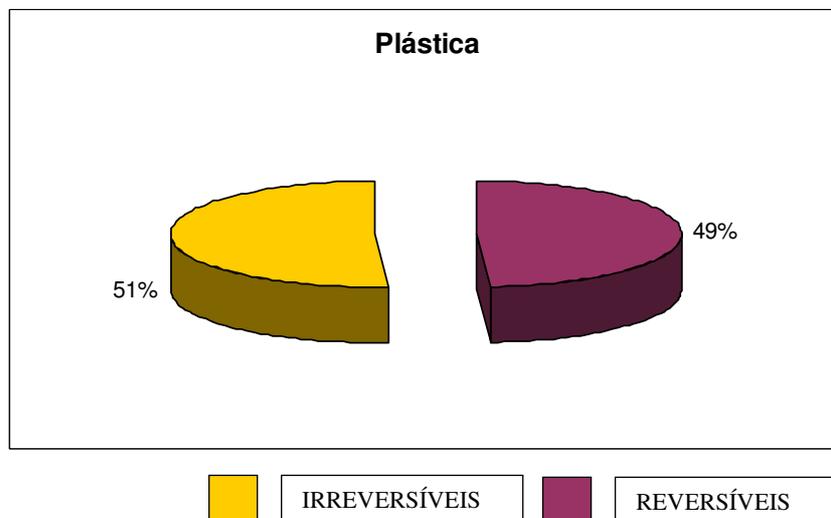
De acordo com o critério da dinâmica, 49% são impactos temporários e 51% impactos permanentes (Figura 8).

Figura 8: Avaliação Qualitativa de Impactos Ambientais, por meio do critério de Dinâmica.



Em relação ao critério de plástica considerou-se, 49% impactos reversíveis e 51% impactos irreversíveis (Figura 9).

Figura 9: Avaliação Qualitativa de Impactos Ambientais, em relação ao critério da Plástica.



Apesar dos impactos negativos ao meio-ambiente e dos riscos ocupacionais presentes em qualquer empresa desse porte, há muitos impactos positivos à economia local e regional que merecem destaque. A empresa investigada possui atualmente 222 funcionários e gera aproximadamente 100 empregos indiretos, movimentando quase 1 bilhão de reais anualmente.

O terreno tem aproximadamente 100 mil metros quadrados, sendo que, destes, 30 mil metros correspondem a nove galpões. Esta área estava completamente abandonada desde a desativação da oficina da rede ferroviária federal, sendo um cenário propício à comercialização e uso de drogas, prática de crimes e acúmulo de lixo. Quatro dos nove galpões já foram recuperados.

Uma das empresas acionistas da fábrica cede periodicamente um trem especial que realiza passeios com crianças das comunidades carentes da circunvizinhança e as instrui sobre ecologia e boas práticas ambientais para a preservação dos recursos naturais. Além disso, foi realizada a recuperação de um bosque de mata nativa remanescente, a criação de uma via adjacente para caminhadas e o plantio de diversas mudas de árvores ao longo do acesso principal.

A separação dos resíduos sólidos para sua posterior destinação, seja ela a venda para reciclagem ou o envio para aterros licenciados, é feita nas instalações da fábrica, em local apropriado, pelos próprios funcionários, de acordo com as resoluções do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) e fiscalizada pelos órgãos competentes. Produtos como solventes são enviados para uma empresa que realiza filtragem e devolve para posterior reutilização. Retalhos de chapas são vendidos como matéria-prima para serralharias. Já a sucata vendida, por exemplo, tem sua renda revertida para a compra de prêmios do programa de incentivo às boas idéias que forem propostas e praticadas pelos funcionários.

### **3.2 Caracterização dos problemas e propostas para soluções**

Quanto à matéria-prima não há que se proporem mudanças atualmente, uma vez que o material apropriado para a fabricação dos vagões é mesmo o ferro. Os impactos advindos da utilização do produto (transporte de cargas) são: a emissão de gases poluentes, a geração de ruídos e os riscos de acidentes. O tempo de utilização dos vagões é muito extenso e as possibilidades de reciclagem atingem sua quase totalidade.

O maior impacto negativo causado pelo processo produtivo é certamente o consumo excessivo de energia elétrica. Nas épocas de pico produtivo a empresa funciona em três turnos e consome em média 98.528 KWH. A substituição da matriz energética por alguma fonte alternativa requer um investimento muito alto, e a empresa não dispõe atualmente de recursos para tanto.

Outro aspecto impactante que merece destaque e torna-se mais simples de ser solucionado é o consumo de combustíveis de fontes não-renováveis, como o óleo diesel, que poderia ser substituído pelo biodiesel.

Na fase de corte, as máquinas utilizadas, embora não sejam novas, estão em bom estado de conservação e atendem às normas do INMETRO. Elas possuem sensores que acusam a proximidade das mãos, para evitar acidentes. Não há desperdício de material, há um “plano de corte” que visa reduzir as sobras ao máximo possível e os retalhos que não têm condições de reaproveitamento são vendidos como sucata. Há grandes emissões de ruído e materiais particulados, mas a aquisição de novas máquinas de corte, mais precisas e silenciosas, tem custo muito elevado.

Na fase de pintura, os solventes são recolhidos num reservatório, filtrados e reaproveitados. A existência da cabine de pintura e a regulagem adequada da pistola evitam o desperdício de tinta. Os particulados são extraídos da cabine por meio de um exaustor e ficam retidos num filtro, que é substituído quando atinge a saturação e enviado a um aterro licenciado, juntamente com os panos usados para limpeza das peças e das mãos. Já existem no mercado panos laváveis, mas a lavagem, que deve ser terceirizada, se torna um recurso caro em relação a pouca quantidade de tecido que é utilizada.

Foi observada uma deficiência no processo de testes do “chuveiro” ao quais os vagões de cargas secas são submetidos: eles são realizados ao ar livre e a água usada no processo é descartada diretamente no solo. Isso gera desperdício de água e contaminação do solo por metais. A proposta para modificação dessa prática é a construção de um sistema de captação de água no local dos testes do chuveiro. A figura 10 demonstra o sistema de testes da empresa avaliada.

Figura 10 – Teste do “chuveiro”



Nos testes de “estancagem” o reaproveitamento da água foi recentemente implantado. Após o teste, os 100.000 litros de água são armazenados para re-utilização no teste do vagão seguinte. Esta medida não atende somente aos interesses econômicos, mas também às medidas de proteção ambiental, pois a água utilizada nos testes fica contaminada com resíduos de metais pesados e, desta forma, não pode ser devolvida ao solo.

Outra proposta para prevenção de impactos é a realização de um estudo de viabilidade para a instalação de uma ETE (Estação de Tratamento de Efluentes). As águas servidas poderiam ser tratadas parcialmente e misturadas à água coletadas em períodos de

chuva pelas cobertas dos grandes galpões e também à água utilizada nos testes do chuveiro. Essas águas não possuiriam níveis de “potabilidade”, mas estariam livres de resíduos sólidos e poderiam ser utilizadas nos testes aos quais os vagões são submetidos.

Existe uma preocupação da fábrica quanto a alguns vagões antigos que foram doados à prefeitura de uma outra cidade e nunca foram removidos por quem os adquiriu. A empresa não tem autorização para recuperá-los, utilizá-los e nem efetuar sua remoção, de forma que os mesmos permanecem no pátio, ao relento, desprendendo ferrugem e contaminando o solo, além de comprometer a segurança do local.

Há ainda outro fato curioso: cavando para re-locar uma das linhas de manobra os operários encontraram, enterrados, um grande número de tubos de material misto, à base de borracha e tecidos. Trata-se dos antigos sistemas de freio para vagões, que, por não haver possibilidade de recuperação ou reciclagem, foram assim dispostos, clandestinamente, há mais de dez anos. A empresa os está guardando em depósito abrigado, na esperança de alguma solução alternativa para o material.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

De acordo com os resultados obtidos com a aplicação do método da Matriz de Interação, a empresa avaliada possui nível de sustentabilidade satisfatório, pois a quantidade de impactos positivos é ligeiramente maior que a quantidade de impactos negativos e, além disso, algumas medidas de correção já foram adotadas e vem sendo praticadas com resultados positivos.

Ainda há algumas soluções e tecnologias alternativas em fase de estudo de viabilidade, que visam a melhoria do desempenho ambiental da empresa e devem ser implantadas. Tais alternativas, no entanto, requerem investimentos altos, o que as torna possíveis apenas a médio e longo prazo.

#### **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BRAGA, Benedito, *et.al.* Introdução à Engenharia Ambiental. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 2<sup>a</sup> ed., 318p.

LEOPOLD, L. B. et al. A procedure for evaluating environmental impact. Wahingtonton, D. C., Geological Survey Circular, 1971. 645p.

SANTOS, L. M. M. Avaliação ambiental de processos industriais. Ouro Preto: ETFOP, 2002. 177 p.