



SELEÇÃO DE PRIORIDADES E PROPOSTA DE MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE UMA INDÚSTRIA DE PAINÉIS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

Raquel de Paula Soares⁽¹⁾

Tecnóloga em Química Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Paraná -UFPR.

Endereço⁽¹⁾: Rua República Islâmica do Irã, 212, Sobrado 1, Jardim das Américas., Curitiba/Paraná, CEP 81.540-082. Fone: (41)3365-8653. e-mail: rapaulasoares@gmail.com

RESUMO

Este artigo apresenta um estudo feito com o objetivo de determinar parâmetros para minimizar os resíduos de uma indústria de painéis estruturais de compósitos para sistema construtivo modular, contemplando a aplicação de um modelo matemático de valoração e a proposição de alternativas para a minimização de resíduos. O modelo analisa os resíduos sob três aspectos: valor, risco, e facilidade de minimização. A etapa inicial consistiu na descrição da unidade industrial e do processo produtivo, seguida do levantamento e da quantificação dos resíduos gerados. Como resultado da aplicação do modelo matemático, o estudo traz uma hierarquização, que possibilitou estabelecer os resíduos cuja minimização deve ser priorizada. São propostas alternativas para a minimização, que, se aplicadas, irão contribuir para a redução da poluição ambiental, do desperdício de matéria, e dos gastos da indústria, podendo ser exemplo para aplicação em outras empresas e servir como incentivo ao investimento em gerenciamento de resíduos.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos, Minimização, Indústria.

INTRODUÇÃO

A disposição inadequada de resíduos pode causar a contaminação do ar, das águas superficial e subterrânea, do solo, dos sedimentos e da biota. Devido a esses problemas e outros inconvenientes relacionados ao gerenciamento inadequado do resíduo urbano e industrial, tem aumentado o interesse das pessoas na minimização de resíduos. Cada vez mais indústrias estão buscando alternativas para racionalizar o uso de recursos naturais e reduzir seu impacto ambiental. Atualmente gerenciar adequadamente os resíduos é praticamente uma necessidade do setor industrial, seja por exigência dos órgãos ambientais, por pressão dos consumidores, por questões econômicas, ou para melhorar a imagem da empresa.

Há casos em que a aplicação de alternativas para a minimização de resíduos requer um intenso investimento de capital na implantação de equipamentos específicos, por exemplo, para beneficiar os resíduos e possibilitar sua recuperação, ou para controle da poluição. Mas os investimentos em gerenciamento de resíduos normalmente trazem retornos que os compensam. A aplicação de medidas neste sentido não apenas traz benefícios ao meio ambiente e à sociedade, diminuindo os impactos causados, mas também representa economia para a indústria, reduzindo os gastos com transporte, armazenamento e destinação, assim como os gastos com eventuais multas por infrações ambientais ou para mitigação de possíveis danos. Também melhora a imagem pública da empresa, otimiza o uso de recursos, e aumenta a eficiência do processo produtivo. ²

Modelos matemáticos que trazem uma metodologia para priorização e minimização de resíduos podem ser uma importante ferramenta para auxiliar na tomada de decisões referentes ao gerenciamento de resíduos de uma empresa, para que possam ser aplicadas as alternativas de melhor custo-benefício.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi determinar parâmetros para minimizar os resíduos de uma indústria de painéis estruturais de compósitos para sistema construtivo modular, contemplando a aplicação de um modelo matemático de valoração e a proposição de alternativas para a minimização destes resíduos.

METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido a partir de dados referentes a uma indústria de painéis para sistema construtivo modular. Foram estudados os processos de produção realizados na indústria, identificando os pontos de geração de resíduos.

Os resíduos gerados nesses processos foram quantificados em kg por mês de produção e hierarquizados.

Para a hierarquização se aplicou a metodologia do modelo matemático proposto por Cercal (2000). Com este modelo são analisados três aspectos básicos sobre os resíduos: valor, risco e facilidade de minimização.

ANÁLISE DO RESÍDUO POR VALOR

Foram considerados nesta análise aspectos econômicos incluindo aspectos ambientais e técnicos, como as quantidades geradas do resíduo, os locais e situações em que ocorrem, as diversas composições do resíduo, os custos com transporte, tratamento e destinação, e possíveis ganhos com o resíduo. ⁴

É estabelecida no modelo matemático uma classificação para os tipos de destinação. De acordo com o tipo de destinação, o modelo determina, dentre 16 equações estabelecidas, que são apresentadas na Tabela 1, quais as aplicáveis para a análise por valor de cada resíduo.

Tabela 1. Equações da análise por valor

| Descrição | Equação | Número |
|--|--|--------|
| Valor unitário do resíduo | $S_+ = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \sum_{h=1}^d (Y_{hjk} \cdot D_{S/Nhjk}) \cdot (\sum_{i=1}^m S_{+i} \cdot X_{ijk}) \cdot Z_{jk} \cdot W_k$ | (01) |
| Alteração percentual admissível para o valor unitário do resíduo | $\Delta S\% = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \sum_{h=1}^d (\Delta S_{%i} \cdot X_{ijk}) \cdot Z_{jk} \cdot W_k$ | (02) |
| Custo unitário de beneficiamento do resíduo | $S_{-B} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \sum_{h=1}^d (Y_{hjk} \cdot D_{S-Bs/Nhjk} \cdot S_{-Bhjk}) \cdot Z_{jk} \cdot W_k$ | (03) |
| Custo unitário de transporte do resíduo | $S_{-T} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \sum_{h=1}^d (Y_{hjk} \cdot D_{S-Ts/Nhjk} \cdot S_{-Thjk}) \cdot Z_{jk} \cdot W_k$ | (04) |
| Custo unitário de tratamento e disposição do resíduo | $S_{-TD} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \sum_{h=1}^d (Y_{hjk} \cdot D_{S-TDs/Nhjk} \cdot S_{-TDhjk}) \cdot Z_{jk} \cdot W_k$ | (05) |
| Custo unitário de geração e permanência do resíduo | $S_{-GP} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \sum_{h=1}^d (Y_{hjk} \cdot D_{S-GPs/Nhjk} \cdot S_{-GPhjk}) \cdot Z_{jk} \cdot W_k$ | (06) |
| Retorno obtido conforme a disposição dada ao resíduo | $S_{+R} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \sum_{h=1}^d (Y_{hjk} \cdot D_{S+Rs/Nhjk} \cdot S_{+Rhjk}) \cdot Z_{jk} \cdot W_k$ | (07) |
| Base do IPHMR | $\xi_B = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \sum_{h=1}^d \xi_{Bh} \cdot Y_{hjk} \cdot Z_{jk} \cdot W_k$ | (08) |
| IPHMR | $\xi = \xi_B \cdot \Delta S\%$ | (09) |

Tabela 1. Equações da análise por valor

| Descrição | Equação | Número |
|---|---|--------|
| Valor unitário do resíduo não corrigido | $\$' = \$+ - \$-B - \$-T - \$-TD - \$-GP + \$+R$ | (10) |
| Constância do resíduo | $K = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e K_{jk} \cdot Z_{jk} \cdot W_k$ | (11) |
| Relação do resíduo com o processo | $\Omega = \text{constante}$ | (12) |
| Fator de correção para valores positivos do resíduo | $\delta+ = (1 + \xi) / (K \cdot \Omega) \quad // \xi \neq (-1)$ | (13) |
| Fator de correção para valores negativos do resíduo | $\delta- = (1 - \xi) \cdot (K \cdot \Omega) \quad // \xi \neq (+1)$ | (14) |
| Valor unitário do resíduo corrigido | Se $\$' > 0 \Leftrightarrow \$ = \$' \cdot \delta+$ Se $\$' < 0 \Leftrightarrow \$ = \$' \cdot \delta-$ Se $\$' = 0 \Leftrightarrow \$ = 0$ | (15) |
| Valor total do resíduo corrigido | $V = W_{\text{Total}} \cdot \$$ | (16) |

Nota: DS/N\$+= Calcula valor unitário do resíduo?

DS/N\$-B= Calcula custo unitário de beneficiamento?

DS/N\$-T= Calcula custo unitário de transporte?

DS/N\$-TD= Calcula custo unitário de tratamento e disposição?

DS/N\$-GP= Calcula custo unitário de geração e permanência?

DS/N\$+R= Calcula retorno unitário com a disposição?

ξB = Base do índice de priorização hierárquica de minimização de resíduos (IPHMR)

K_{jk} = Fator de constância do resíduo gerado no equipamento “j” para o produto “k”

$\Delta\%i = \Delta\%e$ = Alteração percentual admissível para o valor unitário do resíduo

X_{ijk} = Percentual do material “i” na composição do resíduo gerado no equipamento “j”, para o produto “k”

Y_{hjk} = Percentual do total de resíduo gerado no equipamento “j”, para o produto “k”, que sofre a disposição “h”

Z_{jk} = Percentual do total de resíduo gerado no equipamento “j”, para o produto “k”

W_k = Percentual do total do resíduo gerado para o produto genérico “k”

Alguns valores a serem utilizados são padronizados. A relação do resíduo com o processo é representada pela variável Ω , sendo 0,8 para resíduos intrínsecos, 1 para semi-intrínsecos, e 1,2 para os extrínsecos ao processo. Conforme o grau de variação das quantidades de geração dos resíduos, representado pela variável K_{jk} , são definidas três categorias: Fixos, quando são gerados em quantidades constantes, variáveis, quando a quantidade gerada varia, e semi-fixos, para os casos intermediários. O modelo estabelece valor 1 para semi-fixos, 1,1 para fixos, e 0,9 para variáveis. Os valores de alteração percentual do valor admissível, $\Delta\%i$, estabelecidos são 0,5 (valor mínimo) para os resíduos que trazem retorno, e valores de 1 até 2 para os que trazem gastos com destinação, tratamento ou transporte, sendo 1 para os resíduos que acarretam menos prejuízo, e 2 para os mais caros.

Utilizando-se as equações foi calculado o valor total do resíduo (V), e a partir disto obteve-se uma hierarquização. Nesta análise, o resíduo que deve ser escolhido para ser prioritariamente minimizado é aquele que apresenta o menor valor.³

ANÁLISE DO RESÍDUO POR RISCO

Esta análise considera os riscos que a geração do resíduo representa para os trabalhadores da indústria, a comunidade adjacente, e a população em geral. Foram coletadas informações para responder quatro perguntas sobre riscos oferecidos por cada resíduo: “Existem dados reais ou estimados referentes ao resíduo?”, “Existe relação com a ocorrência de danos à saúde humana?”, “Existe relação com a ocorrência de reclamações de moradores vizinhos?”, e “Existe relação com a ocorrência de penalidades aplicadas (ou aplicáveis) por instituições públicas?”

Se uma das perguntas tem a resposta “já ocorreu” o resíduo é diretamente classificado como prioritário. Para a resposta “isento” o peso é considerado zero, e para as respostas “em potencial” o peso é tabelado¹. Também faz parte

da análise uma variável relativa à classificação do resíduo conforme sua periculosidade, determinada de acordo com a NBR 10004 da ABNT, como mostrado na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros matemáticos da análise do resíduo por riscos

| Classificação do Resíduo | Π | Perguntas | Qjk |
|--------------------------|-------|--------------------------|-----|
| Classe I | 1 | Existem dados? | - |
| Classe II | 2 | Danos à saúde? | 4 |
| Classe II B | 3 | Reclamações de vizinhos? | 2 |
| | | Penalidades? | 1 |

O risco de cada resíduo foi calculado a partir da aplicação da equação (17):

$$R = \left(\sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \sum_{q=1}^q Q_{jk} \cdot Z_{jk} \cdot W_k \right) \div \Pi \quad \text{equação (17)}$$

Os resíduos foram então hierarquizados de acordo com o valor do risco (R) obtido. Quanto maior o risco, mais prioritário para ser minimizado é o resíduo. ²

ANÁLISE DO RESÍDUO POR FACILIDADE DE MINIMIZAÇÃO

Na análise por facilidade de minimização se avaliou a disponibilidade de recursos humanos, técnicos e financeiros relacionados à minimização do resíduo. Esta análise se baseia em 11 perguntas, mostradas na Tabela 3, cujas respostas correspondem a valores que são aplicados em duas equações, nas quais também se considera o custo da minimização.

Tabela 3. Questões para a análise do resíduo por facilidade de minimização

| Questão | Peso Fjk |
|-------------------------|----------|
| Parar equipamento? | 01 |
| Parar processo? | 02 |
| Parar unidade? | 03 |
| Modificar equipamento? | 02 |
| Modificar processo? | 04 |
| Modificar unidade? | 06 |
| Implantar equipamento? | 04 |
| Implantar processo? | 08 |
| Implantar unidade? | 12 |
| Tecnologia Disponível? | - 10,1 |
| Mão de Obra Disponível? | - 7,1 |
| Recursos Disponíveis? | - 15,1 |

Os valores da variável “custo de minimização” (CMjk) são maiores para os custos mais altos. A Tabela 4 mostra os pesos tabelados relacionados aos custos.



Tabela 4. Parâmetros matemáticos da análise do resíduo por facilidade de minimização

| Custo | CMjk |
|--------------|-------------|
| Muito alto | 4 |
| Alto | 3 |
| Baixo | 2 |
| Muito baixo | 1 |

São somados os valores das perguntas com resposta “SIM” de cada resíduo, e então, se o somatório das perguntas for positivo, é multiplicado pelo custo, na equação (18), e se for negativo, é dividido pelo custo, na equação (19).¹

$$F = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e (\sum_{f=1}^f F_{jk} \times CM_{jk}) \cdot Z_{jk} \cdot W_k \quad \text{Se } \sum F_{jk} > 0 \quad \text{equação (18)}$$

$$F = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e (\sum_{f=1}^f F_{jk} \div CM_{jk}) \cdot Z_{jk} \cdot W_k \quad \text{Se } \sum F_{jk} < 0 \quad \text{equação (19)}$$

A partir das equações (18) e (19), foi então calculada a facilidade de minimização (F) de cada resíduo, determinando-se quais os mais fáceis de serem minimizados.

ANÁLISE GLOBAL DO RESÍDUO

Na análise global se avalia qual dos fatores é mais importante de acordo com a realidade e as necessidades da indústria, e então é aplicada uma equação que une os resultados das três análises anteriores.⁴ O valor global de priorização do resíduo foi calculado de acordo com a equação (20) mostrada a seguir, onde A, B e C são os pesos atribuídos para cada aspecto avaliado.

$$G = V \cdot A + R \cdot B + F \cdot C \quad \text{equação (20)}$$

Um valor global positivo representa benefício que a empresa está tendo com o resíduo, e negativo representa malefício. Assim, os resíduos foram hierarquizados de acordo com seus valores globais de priorização, montando-se uma ordem dos resíduos mais prioritários até os menos prioritários para serem minimizados. Desta maneira foi possível estabelecer os resíduos cuja minimização deve ser priorizada.

RESULTADOS

O processo de produção dos painéis é apresentado na Figura 1.

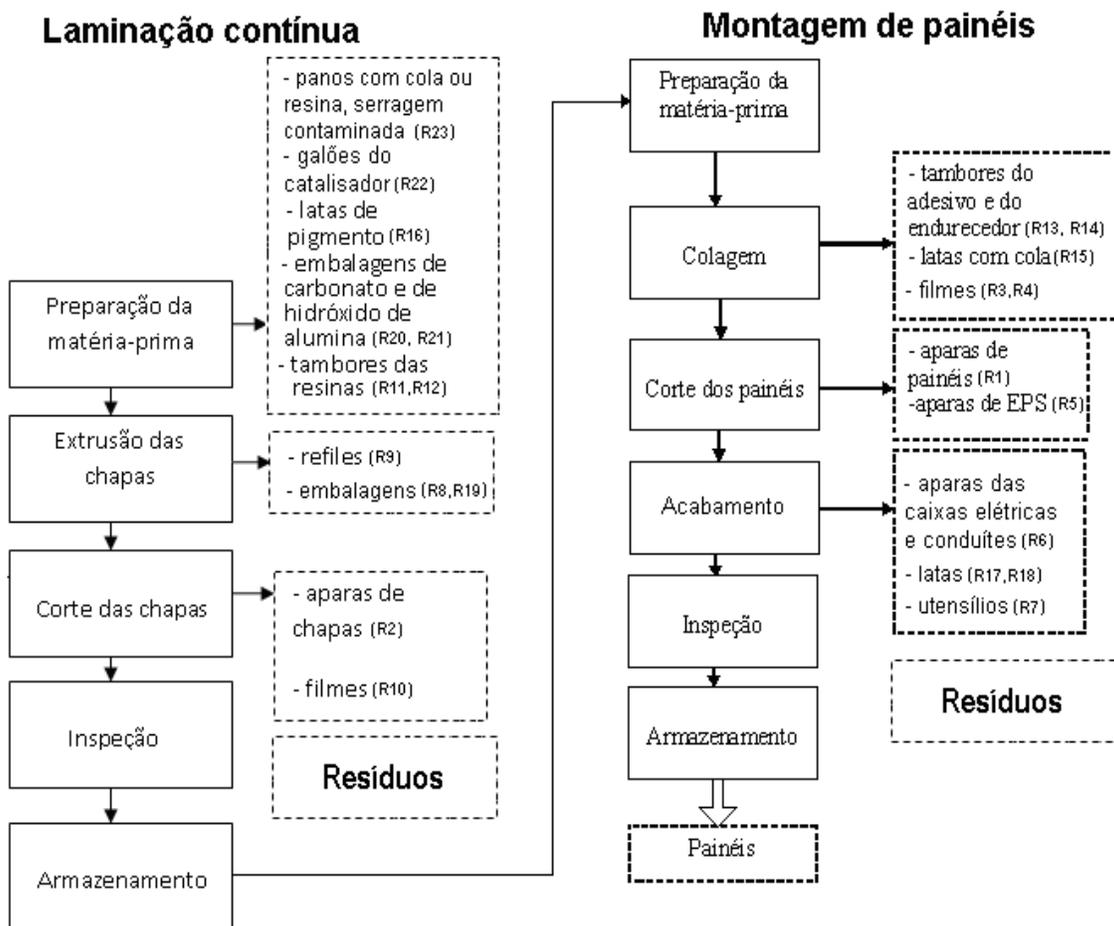


Figura 1: Processo produtivo

Foram levantados dados sobre 29 resíduos gerados na indústria. Classificando os tipos de destinação de acordo com o proposto no modelo matemático, ficam a disposição em aterros e o tratamento na classe 5A (“disposição final adequada com responsabilidade de terceiros”), reciclagem na classe 4D (“Reutilização do resíduo em outra fábrica, após beneficiamento externo, com as substâncias presentes neste resíduo sendo utilizadas com função diferente da original”), recuperação na classe 3D (“Reutilização do resíduo em outra fábrica, após o beneficiamento externo, com as substâncias presentes neste resíduo sendo utilizadas com sua função original”), queima na 2D (“reutilização direta em outra fábrica, com as substâncias presentes no resíduo sendo utilizadas com função diferente da original”), e não definida na classe 7 (“resíduo com disposição indefinida e/ou não monitorado”) ¹.

O modelo matemático determina, para cada classe, quais parâmetros referentes a custos devem ser calculados. Os valores iguais a 1, mostrados na Tabela 5, indicam os cálculos aplicáveis para cada classe de destinação, e os valores iguais a 0, os cálculos não aplicáveis.

Tabela 5. Parâmetros das classes de disposição dos resíduos encontrados na indústria

| Destino | Nº de resíduos | Classe | DS/N | DS/N | DS/N | DS/N | DS/N | DS/N | ξB |
|------------------|----------------|--------|------|------|------|-------|-------|------|------|
| | | | \$+ | \$-B | \$-T | \$-TD | \$-GP | \$+R | |
| aterro classe II | 12 | 5A | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | -0,2 |
| aterro classe I | 1 | 5A | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | -0,2 |
| reciclagem | 8 | 4D | 0 | 0 | 0/1 | 0 | 1 | 1 | 0,2 |
| recuperação | 4 | 3D | 0 | 0/1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0,72 |
| queima | 1 | 2D | 0 | 0 | 0/1 | 0 | 1 | 1 | 0,82 |
| tratamento | 2 | 5A | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | -0,2 |
| não definida | 1 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | -1,8 |

Nota: DS/N\$+= Calcula valor unitário do resíduo?

DS/N\$-B= Calcula custo unitário de beneficiamento?

DS/N\$-T= Calcula custo unitário de transporte?

DS/N\$-TD= Calcula custo unitário de tratamento e disposição?

DS/N\$-GP= Calcula custo unitário de geração e permanência?

DS/N\$+R= Calcula retorno unitário com a disposição?

ξB= Base do índice de priorização hierárquica de minimização de resíduos (IPHMR)

Na Tabela 6 são apresentados os resíduos levantados, a quantidade mensal gerada, o tipo de destinação, e os valores dos parâmetros gerais para cada resíduo.

Tabela 6. Parâmetros gerais dos resíduos encontrados na indústria

| Código | Resíduo | Ω | Kjk | Δ\$% i | classe | ξB | Wtotal (kg) |
|--------|---|-----|-----|--------|--------|------|-------------|
| R1 | Aparas de painéis | 0,8 | 1 | 1 | 5A | -0,2 | 2950 |
| R2 | Aparas de chapas | 0,8 | 1 | 1 | 5A | -0,2 | 6078 |
| R3 | Filme poliéster brilhante | 1 | 1 | 1 | 5A | -0,2 | 697 |
| R4 | Filme poliéster texturizado | 1 | 1 | 1 | 5A | -0,2 | 218 |
| R5 | Isopor | 0,8 | 1 | 1 | 5A | -0,2 | 50 |
| R6 | Aparas plásticas das caixas elétricas e conduítes | 0,8 | 1 | 1 | 5A | -0,2 | 100 |
| R7 | Utensílios | 1 | 0,9 | 1 | 5A | -0,2 | 100 |
| R8 | Plástico de embalagem | 1 | 1 | 1 | 5A | -0,2 | 100 |
| R9 | Refíles | 0,8 | 1 | 1 | 5A | -0,2 | 11238 |
| R10 | Filme poliéster fosco | 1 | 1 | 1 | 5A | -0,2 | 1949 |
| R11 | Tambor De resina poliéster | 1 | 1 | 0,5 | 3D | 0,72 | 1710 |
| R12 | Tambor De resina flexível | 1 | 1 | 0,5 | 3D | 0,72 | 30 |
| R13 | Tambor De endurecedor | 1 | 1 | 0,5 | 3D | 0,72 | 90 |
| R14 | Tambor De adesivo isopur | 1 | 1 | 0,5 | 3D | 0,72 | 30 |
| R15 | Latas vazias de cola | 1 | 1 | 0,5 | 4D | 0,2 | 42 |
| R16 | Latas vazias de pasta pigmento | 1 | 1 | 0,5 | 4D | 0,2 | 70 |
| R17 | Latas da massa de polir | 1 | 1 | 0,5 | 4D | 0,2 | 3 |
| R18 | Latas de cera polinox | 1 | 1 | 0,5 | 4D | 0,2 | 2 |
| R19 | Papelão de embalagens | 1 | 1 | 0,5 | 4D | 0,2 | 187 |
| R20 | Sacos de embalagem do carbonato | 1 | 1 | 0,5 | 4D | 0,2 | 97,6 |
| R21 | Sacos de embalagem da alumina | 1 | 1 | 0,5 | 4D | 0,2 | 8 |
| R22 | Galão vazio | 1 | 1 | 0,5 | 4D | 0,2 | 36,4 |
| R23 | Sólidos contaminados | 1 | 0,9 | 2 | 5A | -0,2 | 127,35 |
| R24 | Madeiras | 1,2 | 0,9 | 0,5 | 2D | 0,82 | 2000 |
| R25 | Comuns | 1,2 | 0,9 | 1,5 | 5A | -0,2 | 1733 |
| R26 | Lâmpadas | 1,2 | 0,9 | 2 | 5A | -0,2 | 6 |

Tabela 6. Parâmetros gerais dos resíduos encontrados na indústria

| | | | | | | | |
|-----|----------------------|-----|-----|-----|----|------|------|
| R27 | Ambulatoriais | 1,2 | 0,9 | 2 | 5A | -0,2 | 1,65 |
| R28 | Construção e reforma | 1,2 | 0,9 | 1,5 | 5A | -0,2 | 397 |
| R29 | Eletrônicos | 1,2 | 0,9 | 0,5 | 7 | -1,8 | 2 |

Nota: Ω = Relação do resíduo com o processo

Kjk = Fator de constância do resíduo gerado no equipamento "j" para o produto "k"

$\Delta\%i = \Delta\% =$ Alteração percentual admissível para o valor unitário do resíduo

A quantidade de cada resíduo, em quilogramas, gerada mensalmente, é representada pela variável W_{total} . Observou-se que os resíduos gerados em maior quantidade são os refiles, denominados por R9, e as aparas de chapas, R2, ambos da etapa de laminação, intrínsecos ao processo, e com destinação paga.

Os resultados da análise por valor são mostrados na Tabela 7.

Tabela 7. Resultados da análise por valor

| Cód. | Resíduo | $(\Omega * K)$ | ξ | $\delta+$ | $\delta-$ | \$ | V |
|------|--------------------------------|----------------|-------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| R1 | Aparas de painéis | 0,8 | -0,2 | 1 | 0,96 | -R\$ 0,35 | -R\$ 1.045,01 |
| R2 | Aparas de chapas | 0,8 | -0,2 | 1 | 0,96 | -R\$ 0,35 | -R\$ 2.153,07 |
| R3 | Filme poliéster brilhante | 1 | -0,2 | 0,8 | 1,2 | -R\$ 0,44 | -R\$ 308,63 |
| R4 | Filme poliéster texturizado | 1 | -0,2 | 0,8 | 1,2 | -R\$ 0,44 | -R\$ 96,53 |
| R5 | Isopor | 0,8 | -0,2 | 1 | 0,96 | -R\$ 0,35 | -R\$ 17,71 |
| R6 | Aparas plásticas | 0,8 | -0,2 | 1 | 0,96 | -R\$ 0,35 | -R\$ 35,42 |
| R7 | Utensílios | 0,9 | -0,2 | 0,88889 | 1,08 | -R\$ 0,34 | -R\$ 33,59 |
| R8 | Plástico de embalagem | 1 | -0,2 | 0,8 | 1,2 | -R\$ 0,37 | -R\$ 37,32 |
| R9 | Refiles | 0,8 | -0,2 | 1 | 0,96 | -R\$ 0,30 | -R\$ 3.355,22 |
| R10 | Filme poliéster fosco | 1 | -0,2 | 0,8 | 1,2 | -R\$ 0,37 | -R\$ 727,37 |
| R11 | Tambor De resina poliéster | 1 | 0,36 | 1,36 | 0,64 | R\$ 0,09 | R\$ 146,51 |
| R12 | Tambor De resina flexível | 1 | 0,36 | 1,36 | 0,64 | R\$ 0,63 | R\$ 18,89 |
| R13 | Tambor De endurecedor | 1 | 0,36 | 1,36 | 0,64 | R\$ 0,63 | R\$ 56,67 |
| R14 | Tambor De adesivo isopor | 1 | 0,36 | 1,36 | 0,64 | R\$ 0,63 | R\$ 18,90 |
| R15 | Latas vazias de cola | 1 | 0,1 | 1,1 | 0,9 | R\$ 0,07 | R\$ 2,77 |
| R16 | Latas vazias de pasta pigmento | 1 | 0,1 | 1,1 | 0,9 | R\$ 0,07 | R\$ 4,62 |
| R17 | Latas da massa de polir | 1 | 0,1 | 1,1 | 0,9 | R\$ 0,07 | R\$ 0,19 |
| R18 | Latas de cera polinox | 1 | 0,1 | 1,1 | 0,9 | R\$ 0,07 | R\$ 0,13 |
| R19 | Papelão de embalagens | 1 | 0,1 | 1,1 | 0,9 | R\$ 0,11 | R\$ 20,57 |
| R20 | Sacos do carbonato | 1 | 0,1 | 1,1 | 0,9 | R\$ 0,11 | R\$ 10,73 |
| R21 | Sacos da alumina | 1 | 0,1 | 1,1 | 0,9 | R\$ 0,11 | R\$ 0,88 |
| R22 | Galão vazio | 1 | 0,1 | 1,1 | 0,9 | R\$ 0,27 | R\$ 10,01 |
| R23 | Sólidos contaminados | 0,9 | -0,4 | 0,666667 | 1,26 | -R\$ 0,89 | -R\$ 112,80 |
| R24 | Madeiras | 1,08 | 0,41 | 1,305556 | 0,6372 | R\$ 0,04 | R\$ 78,33 |
| R25 | Comuns | 1,08 | -0,3 | 0,648148 | 1,404 | -R\$ 0,53 | -R\$ 927,02 |
| R26 | Lâmpadas | 1,08 | -0,4 | 0,555556 | 1,512 | -R\$ 1,60 | -R\$ 9,61 |
| R27 | Ambulatoriais | 1,08 | -0,4 | 0,555556 | 1,512 | -R\$19,04 | -R\$ 31,41 |

Tabela 7. Resultados da análise por valor

| Cód. | Resíduo | ($\Omega * K$) | ξ | $\delta+$ | $\delta-$ | \$ | V |
|------|----------------------|------------------|-------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| R28 | Construção e reforma | 1,08 | -0,3 | 0,648148 | 1,404 | -R\$ 0,45 | -R\$ 180,59 |
| R29 | Eletrônicos | 1,08 | -0,9 | 0,092593 | 2,052 | 0 | R\$ 0,00 |

Nota: ξ = Índice de priorização hierárquica de minimização de resíduos (IPHMR), calculado pela equação (9)

$\delta+$ = Fator de correção para valores positivos do resíduo, calculado pela equação (13)

$\delta-$ = Fator de correção para valores negativos do resíduo, calculado pela equação (14)

\$ = Valor unitário do resíduo corrigido, calculado pela equação (15)

\$Total = Valor total mensal do resíduo corrigido, calculado pela equação (16)

Na análise por riscos, para cada resíduo foram respondidas quatro perguntas, e nesta análise apenas um único resíduo teve a resposta “já ocorreu” para uma delas. Para as respostas “em potencial” foram atribuídos os pesos tabelados de cada pergunta, e para as respostas “isento” peso 0, tendo diversos resíduos sido isentos para todos os riscos analisados, como se pode ver na Tabela 8.

Quanto à questão de danos à saúde, receberam a resposta “em potencial” os resíduos de utensílios, porque contêm lâminas cortantes, os resíduos de tambores e os galões vazios, porque são embalagens que podem conter restos de produtos químicos, os sólidos contaminados e ambulatoriais por sua periculosidade, madeiras, comuns e resíduos de construção e reforma por riscos de acidentes e pela possibilidade de proliferação de vetores de doenças.

Observa-se que alguns resíduos representam risco para a indústria. Reduzindo a geração os riscos são conseqüentemente reduzidos, entretanto o controle desses riscos também é considerado uma medida de minimização, mesmo sem alterar as propriedades do resíduo, sua geração, ou sua destinação.

Tabela 8. Resultado da análise por risco

| Código | Resíduo | Dados? | Danos à saúde? | Reclamações? | Penalidades? | Classe π | nº de respostas “em potencial” | Risco |
|--------|--------------------------------|--------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------------------------|-------|
| | | | | | | | q | R |
| R1 | Aparas de painéis | sim | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| R2 | Aparas de chapas | sim | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| R3 | Filme poliéster brilhante | sim | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| R4 | Filme poliéster texturizado | sim | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| R5 | Isopor | sim | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| R6 | Aparas plásticas | sim | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| R7 | Utensílios | sim | 4 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 |
| R8 | Plástico de embalagem | sim | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| R9 | Refiles | sim | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| R10 | Filme poliéster fosco | sim | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| R11 | Tambor de resina poliéster | sim | 4 | 2 | 1 | 1 | 2 | 7 |
| R12 | Tambor de resina flexível | sim | 4 | 0 | 1 | 1 | 1 | 5 |
| R13 | Tambor de endurecedor | sim | 4 | 0 | 1 | 1 | 1 | 5 |
| R14 | Tambor de adesivo isopor | sim | 4 | 0 | 1 | 1 | 1 | 5 |
| R15 | Latas vazias de cola | sim | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| R16 | Latas vazias de pasta pigmento | sim | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| R17 | Latas da massa de polir | sim | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |

Tabela 8. Resultado da análise por risco

| Código | Resíduo | Dados? | α | | | | Classe π | nº de respostas "em potencial" q | Risco R |
|--------|-----------------------|--------|--------------|--------------|--------------|---|----------|----------------------------------|---------|
| | | | Danos saúde? | Reclamações? | Penalidades? | | | | |
| R18 | Latas de cera polinox | sim | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | |
| R19 | Papelão de embalagens | sim | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | |
| R20 | Sacos do carbonato | sim | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | |
| R21 | Sacos da alumina | sim | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | |
| R22 | Galão vazio | sim | 4 | 0 | 0 | 2 | 1 | 2 | |
| R23 | Sólidos contaminados | sim | 4 | 2 | 1 | 1 | 3 | 7 | |
| R24 | Madeiras | sim | 4 | 0 | 0 | 2 | 1 | 2 | |
| R25 | Comuns | sim | 4 | 2 | 0 | 2 | 2 | 3 | |
| R26 | Lâmpadas | sim | já ocorreu | 0 | 0 | 1 | - | - | |
| R27 | Ambulatoriais | sim | 4 | 0 | 1 | 1 | 2 | 5 | |
| R28 | Construção e reforma | sim | 4 | 0 | 0 | 3 | 1 | 1,33 | |
| R29 | Eletrônicos | sim | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | |

Na análise por facilidade de minimização, apenas para dois resíduos, o R2 e o R16, foi utilizada a equação (18), porque o modelo estabelece esta equação para resíduos com somatório positivo. Para os outros resíduos se aplicou a equação (19), com a qual o somatório dos pesos para as respostas é dividido pelo custo. Os resultados dos cálculos são apresentados na Tabela 9.

Observa-se que não são necessárias medidas muito drásticas para aplicar alternativas de minimização. Ressalta-se que o modelo estabelece que valores menores de F significam resíduos mais fáceis, mais prioritários, para serem minimizados.

Tabela 9. Resultados da análise por facilidade de minimização

| Cód | Resíduo | Alternativas de Minimização | | | | | | | | | | | ΣFjk | CMjk | F | |
|-----|-----------------------------|-----------------------------|----------------|---------------|-----------------------|--------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|-------------------|-----------------------|-------------|-------|-------|---|----------------------|
| | | parar equipamento | parar processo | parar unidade | modificar equipamento | modificar processo | modificar unidade | implantar equipamento | implantar processo | implantar unidade | tecnologia disponível | mão de obra | | | | recursos disponíveis |
| R1 | Aparas de painéis | N | N | N | N | 4 | N | N | N | N | N | -7,1 | N | -3,1 | 3 | -1,03 |
| R2 | Aparas de chapas | N | N | N | 2 | 4 | N | 4 | N | N | N | -7,1 | N | 2,9 | 3 | 8,7 |
| R3 | Filme poliéster brilhante | 1 | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | -15,1 | -14,1 | 3 | -4,7 |
| R4 | Filme poliéster texturizado | 1 | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | -15,1 | -14,1 | 3 | -4,7 |
| R5 | Isopor | N | N | N | N | 4 | N | N | N | N | -10,1 | -7,1 | N | -13,2 | 3 | -4,4 |
| R6 | Aparas plásticas | N | N | N | N | 4 | N | N | N | N | N | -7,1 | N | -3,1 | 2 | -1,55 |
| R7 | Utensílios | N | N | N | N | N | N | N | N | N | -10,1 | -7,1 | -15,1 | -32,3 | 1 | -32,3 |
| R8 | Plástico embalagem de | N | N | N | N | N | N | N | N | N | -10,1 | -7,1 | -15,1 | -32,3 | 1 | -32,3 |
| R9 | Refis | N | N | N | N | 4 | N | 4 | N | N | -10,1 | -7,1 | -15,1 | -24,3 | 3 | -8,1 |

Tabela 9. Resultados da análise por facilidade de minimização

| Cód | Resíduo | parar equipamento | parar processo | parar unidade | modificar equipamento | modificar processo | modificar unidade | implantar equipamento | implantar processo | implantar unidade | tecnologia disponível | mão de obra | recursos disponíveis | ΣF_{jk} | CM _{jk} | F |
|-----|--------------------------------|-------------------|----------------|---------------|-----------------------|--------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|-------------------|-----------------------|-------------|----------------------|-----------------|------------------|-------|
| R10 | Filme poliéster fosco | N | N | N | N | N | N | 4 | N | N | -10,1 | -7,1 | N | -13,2 | 3 | -4,4 |
| R11 | Tambor de resina poliéster | N | N | N | N | N | N | 4 | N | N | -10,1 | -7,1 | -15,1 | -28,3 | 1 | -28,3 |
| R12 | Tambor de resina flexível | N | N | N | N | N | N | 4 | N | N | -10,1 | -7,1 | -15,1 | -28,3 | 1 | -28,3 |
| R13 | Tambor de endurecedor | N | N | N | N | N | N | 4 | N | N | -10,1 | -7,1 | -15,1 | -28,3 | 1 | -28,3 |
| R14 | Tambor de adesivo isopur | N | N | N | N | N | N | 4 | N | N | -10,1 | -7,1 | -15,1 | -28,3 | 1 | -28,3 |
| R15 | Latas vazias de cola | N | N | N | N | N | N | N | N | N | -10,1 | -7,1 | -15,1 | -32,3 | 1 | -32,3 |
| R16 | Latas vazias de pasta pigmento | N | N | N | N | 4 | N | N | 8 | N | N | -7,1 | N | 4,9 | 2 | 9,8 |
| R17 | Latas da massa de polir | N | N | N | N | N | N | N | N | N | -10,1 | -7,1 | -15,1 | -32,3 | 2 | -16,2 |
| R18 | Latas de cera polinox | N | N | N | N | N | N | N | N | N | -10,1 | -7,1 | -15,1 | -32,3 | 2 | -16,2 |
| R19 | Papelão de embalagens | N | N | N | N | N | N | 4 | N | N | -10,1 | -7,1 | N | -13,2 | 3 | -4,4 |
| R20 | Sacos do carbonato | N | N | N | N | N | N | 4 | N | N | -10,1 | N | N | -6,1 | 3 | -2,03 |
| R21 | Sacos da alumina | N | N | N | N | N | N | 4 | N | N | -10,1 | N | N | -6,1 | 3 | -2,03 |
| R22 | Galão vazio | N | N | N | N | N | N | N | N | N | -10,1 | -7,1 | -15,1 | -32,3 | 2 | -16,2 |
| R23 | Sólidos contaminados | N | N | N | N | N | N | N | N | N | -10,1 | -7,1 | -15,1 | -32,3 | 1 | -32,3 |
| R24 | Madeiras | N | 2 | N | N | N | N | 4 | N | N | -10,1 | N | -15,1 | -19,2 | 2 | -9,6 |
| R25 | Comuns | N | N | N | N | N | N | N | 8 | N | -10,1 | -7,1 | -15,1 | -24,3 | 1 | -24,3 |
| R26 | Lâmpadas | N | N | N | N | N | 6 | 4 | N | N | -10,1 | -7,1 | N | -7,2 | 4 | -1,8 |
| R27 | Ambulatoriais | N | N | N | N | N | N | N | N | N | -10,1 | -7,1 | -15,1 | -32,3 | 2 | -16,2 |
| R28 | Construção e reforma | N | N | N | N | N | N | N | N | N | -10,1 | -7,1 | -15,1 | -32,3 | 1 | -32,3 |
| R29 | Eletrônicos | N | N | N | N | N | N | N | N | N | -10,1 | -7,1 | -15,1 | -32,3 | 1 | -32,3 |

Na análise por valor, observou-se que 13 resíduos atualmente trazem retorno financeiro para a indústria, e o restante representa prejuízo. Dos 10 resíduos prioritários da análise por risco, apenas um, sólidos contaminados, é comum aos prioritários da análise por valor. Este resíduo aparece como o segundo prioritário no resultado da análise por facilidade de minimização.

Para sintetizar os resultados das três análises anteriores, se aplicou também a análise global dos resíduos. Levando-se em conta a realidade da indústria, se estabeleceu um peso maior, 3, para valor, peso intermediário, 2, para facilidade de minimização, e um peso menor, 1, para risco. Então se calculou o resultado global G, a partir da equação (20). Os resultados numéricos finais das análises por valor (V), risco (R), facilidade (F) e análise global (G) são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10. Resultados da análise global dos resíduos

| Cód. | Resíduo | V | A | R | B | F | C | G |
|------|---------------------------------------|---------------|---|-----|---|-------|---|-------------|
| R1 | Aparas de painéis | -R\$ 1.045,01 | 3 | 0 | 1 | -1,03 | 2 | - 3.137,08 |
| R2 | Aparas de chapas | -R\$ 2.153,07 | 3 | 0 | 1 | 8,7 | 2 | - 6.441,81 |
| R3 | Filme poliéster brilhante | -R\$ 308,63 | 3 | 0 | 1 | -4,7 | 2 | - 935,30 |
| R4 | Filme poliéster texturizado | -R\$ 96,53 | 3 | 0 | 1 | -4,7 | 2 | - 298,99 |
| R5 | Isopor | -R\$ 17,71 | 3 | 0 | 1 | -4,4 | 2 | - 61,94 |
| R6 | Aparas plásticas das caixas elétricas | -R\$ 35,42 | 3 | 0 | 1 | -1,55 | 2 | - 109,37 |
| R7 | Utensílios | -R\$ 33,59 | 3 | 2 | 1 | -32,3 | 2 | - 163,36 |
| R8 | Plásticos de embalagem | -R\$ 37,32 | 3 | 0 | 1 | -32,3 | 2 | - 176,56 |
| R9 | Refíles | -R\$ 3.355,22 | 3 | 0 | 1 | -8,1 | 2 | - 10.081,85 |
| R10 | Filme poliéster fosco | -R\$ 727,37 | 3 | 0 | 1 | -4,4 | 2 | - 2.190,90 |
| R11 | Tambor de resina poliéster | R\$ 146,51 | 3 | 7 | 1 | -28,3 | 2 | 389,94 |
| R12 | Tambor de resina flexível | R\$ 18,89 | 3 | 5 | 1 | -28,3 | 2 | 5,07 |
| R13 | Tambor de endurecedor | R\$ 56,67 | 3 | 5 | 1 | -28,3 | 2 | 118,41 |
| R14 | Tambor de adesivo | R\$ 18,89 | 3 | 5 | 1 | -28,3 | 2 | 5,07 |
| R15 | Latas vazias de cola | R\$ 2,77 | 3 | 0 | 1 | -32,3 | 2 | - 56,28 |
| R16 | Latas vazias de pigmento | R\$ 4,62 | 3 | 0 | 1 | 9,8 | 2 | 33,46 |
| R17 | Latas da massa de polir | R\$ 0,19 | 3 | 0 | 1 | -16,2 | 2 | - 31,81 |
| R18 | Latas de cera polinox | R\$ 0,13 | 3 | 0 | 1 | -16,2 | 2 | - 32,00 |
| R19 | Papelão de embalagens | R\$ 20,57 | 3 | 0 | 1 | -4,4 | 2 | 52,91 |
| R20 | Embalagem do carbonato | R\$ 10,74 | 3 | 0 | 1 | -2,03 | 2 | 28,15 |
| R21 | Embalagem da alumina | R\$ 0,88 | 3 | 0 | 1 | -2,03 | 2 | - 1,42 |
| R22 | Galão vazio | R\$ 10,01 | 3 | 2 | 1 | -16,2 | 2 | - 0,37 |
| R23 | Sólidos contaminados | -R\$ 112,80 | 3 | 7 | 1 | -32,3 | 2 | - 396,01 |
| R24 | Madeiras | R\$ 78,33 | 3 | 2 | 1 | -9,6 | 2 | 217,80 |
| R25 | Comuns | -R\$ 927,02 | 3 | 3 | 1 | -24,3 | 2 | - 2.826,67 |
| R26 | Lâmpadas | -R\$ 9,62 | 3 | 0 | 1 | -1,8 | 2 | - 32,45 |
| R27 | Ambulatoriais | -R\$ 31,41 | 3 | 5 | 1 | -16,2 | 2 | - 121,65 |
| R28 | Construção e reforma | -R\$ 180,59 | 3 | 1,3 | 1 | -32,3 | 2 | - 605,05 |
| R29 | Eletrônicos | R\$ 0,00 | 3 | 1 | 1 | -32,3 | 2 | - 63,60 |

Como resultado da aplicação do modelo matemático, obteve-se uma hierarquização, que possibilitou estabelecer os resíduos cuja minimização deve ser priorizada. Como mostrado na Tabela 11, os dez resíduos selecionados como prioritários foram os refíles, as aparas de chapa, as aparas de painéis, resíduos comuns, filmes poliéster fosco e brilhante, resíduos de construção e reforma, sólidos contaminados, filme poliéster texturizado, e plásticos de embalagem.

Tabela 11. Análise global: hierarquização dos resíduos

| Hierarquia | Código | Resíduos |
|------------|--------|-------------------|
| 1 | R9 | Refíles |
| 2 | R2 | Aparas de chapas |
| 3 | R1 | Aparas de painéis |

Tabela 11. Análise global: hierarquização dos resíduos

| Hierarquia | Código | Resíduos |
|------------|--------|---|
| 4 | R25 | Comuns |
| 5 | R10 | Filme poliéster fosco |
| 6 | R3 | Filme poliéster brilhante |
| 7 | R28 | Construção e reforma |
| 8 | R23 | Sólidos contaminados |
| 9 | R4 | Filme poliéster texturizado |
| 10 | R8 | Plástico de embalagem |
| 11 | R7 | Utensílios |
| 12 | R27 | Ambulatoriais |
| 13 | R6 | Aparas plásticas das caixas elétricas e conduítes |
| 14 | R29 | Eletrônicos |
| 15 | R5 | Isopor |
| 16 | R15 | Latas vazias de cola |
| 17 | R26 | Lâmpadas |
| 18 | R18 | Latas de cera polinox |
| 19 | R17 | Latas da massa de polir |
| 20 | R21 | Sacos de embalagem da alumina |
| 21 | R22 | Galão vazio |
| 22 | R12 | Tambor de resina flexível |
| 23 | R14 | Tambor de adesivo isopur |
| 24 | R20 | Sacos de embalagem do carbonato |
| 25 | R16 | Latas vazias de pasta pigmento |
| 26 | R19 | Papelão de embalagens |
| 27 | R13 | Tambor de endurecedor |
| 28 | R24 | Madeiras |
| 29 | R11 | Tambor de resina poliéster |

A seguir são propostas alternativas de minimização para os resíduos prioritários, em ordem, dos resíduos mais prioritários para os resíduos menos prioritários:

Refis de plástico com fibra de vidro (R9): Os refis são gerados em grande quantidade, e representam perda de materiais que poderiam fazer parte do produto final. Esta perda poderia ser minimizada com uma adaptação do processo, de modo a retirar aparas de menor largura das laterais das chapas nesta etapa. Isto poderia ser conseguido com a aquisição e o uso de filmes poliéster de tamanho mais próximo ao tamanho final da chapa, e com o planejamento da quantidade de material aplicada, ajustando a vazão de alimentação evitando excessos. Estes resíduos também poderiam ser quebrados ou moídos, e acondicionados em uma caçamba separados dos filmes, reduzindo assim seu volume. Sugere-se também estudar uma forma de reaproveitar o resíduo, retornando as aparas ao processo depois de moídas. Se fosse feita uma redução da geração de refis para 25% da atual, a indústria poderia ter uma economia mensal estimada em R\$ 2.621,27.

Aparas de chapas (R2): As aparas de chapas são geradas principalmente no corte das chapas já prontas, feito em uma guilhotina separada da laminadora principal para que fiquem do tamanho final desejado. Para reduzir a quantidade de rebarbas gerada, se propõe eliminar a operação de segundo corte, melhorando o corte inicial através da instalação de um equipamento de maior precisão. Assim, poderia ser eliminado o gasto atual de R\$ 2.242,78 por mês que a indústria tem com transporte e destinação de aparas de chapas.

Aparas de painéis (R1): Sugere-se reduzir a aba de esquadrejamento dos painéis de 10 mm, praticada atualmente, para 5 mm, minimizando assim geração de aparas. Também seria reduzida a quantidade de aparas de painéis já montados

se fossem priorizados projetos de itens sem vãos para portas e janelas, e se fosse feito um controle da produção para garantir a qualidade e evitar rejeições. Pedacos grandes de painéis impossibilitam o preenchimento dos espaços das caçambas, e podem dificultar o transporte se ficarem acima dos limites da caçamba, portanto seria recomendável também o corte de algumas aparas de painéis, e a orientação de funcionários para que disponham as aparas maiores de forma mais adequada nas caçambas. Treinar os operadores para evitar problemas ou erros oriundos de desvios dos procedimentos operacionais é outra alternativa válida para evitar geração excessiva de resíduo⁴. Considerando apenas a redução da quantidade de aparas de painéis à metade, já poderiam ser economizados mensalmente R\$ 544,27.

Comuns (R25): Os resíduos comuns incluem resíduos orgânicos, resíduos não recicláveis, e resíduos de papel, plástico e metal. Estes resíduos poderiam ser muito reduzidos, trazendo até mesmo retorno para a indústria. Para isso sugere-se: Realizar a compostagem do resíduo orgânico, em área disponível no terreno da indústria, afastada das áreas de circulação de pessoas, podendo utilizar o composto gerado para adubação das áreas verdes da própria indústria. Conscientizar os funcionários para evitarem o consumo exagerado de papéis e impressões desnecessárias, separar os resíduos gerados, armazenando-os, após a coleta interna, em caçambas, para encaminhá-los a uma empresa recicladora já parceira da indústria. Separar as latas de alumínio e encaminhá-las para reciclagem. Separar os resíduos de plástico, e realizar uma campanha de conscientização dos funcionários para separarem corretamente, e vender a empresas recicladoras. Supondo-se que 25% dos resíduos comuns continuassem destinados a aterro, 25% fossem vendidos para reciclagem a R\$ 0,15 por kg, 25% a R\$ 0,25, e 25% compostados ou não gerados, a indústria passaria a ter um retorno mensal de R\$ 173,30, e seu gasto com destinação e permanência seria reduzido a R\$ 165,07, representando uma economia de R\$ 668,503 por mês.

Filme poliéster fosco (R10): O filme poliéster fosco já é utilizado mais de uma vez na produção das chapas, porém, é possível passar a comprar e utilizar um filme mais grosso, que possa ser rodado mais vezes na máquina, e possa durar mais tempo. Outra significativa medida seria pensar e enfardar este resíduo, que é muito volumoso, de modo a reduzir a necessidade de transporte. Mantendo-se o mesmo filme, se este tivesse seu volume reduzido a 10% do atual, os gastos mensais da indústria com transporte já seriam diminuídos em R\$ 134,36.

Filmes poliéster brilhante e texturizado (R3 e R4): Para reduzir a geração de resíduos dos filmes brilhante e texturizado se propõe buscar maneiras de eliminar a utilização de filmes para acabamento superior, quando possível. Isso poderia ser feito, por exemplo, nas faces das chapas que serão coladas. Também seria interessante estudar a mudança no processo para passar a utilizar outro tipo de filme, que seja passível de reciclagem. Recomenda-se ainda pensar e enfardar os filmes, reduzindo seu volume. Caso a geração destes filmes fosse reduzida em 35%, e seu volume em 90%, os gastos por mês com transporte e destinação destes resíduos seriam reduzidos em aproximadamente R\$ 196,68.

Construção e reforma (R28): Poderia ser drasticamente reduzido o gasto com transporte e destinação dos resíduos de obras, ao passar a destiná-los a aterros de construção civil e não aterros industriais classe II. Outra possibilidade, ainda mais recomendável, é destinar esta calça a uma empresa recicladora de resíduos de construção civil, o que teria um custo mais alto, porém ainda um custo inferior ao valor pago a aterro, e seria mais ambientalmente correto. Pode ser proposta ainda, a alteração, apenas para este tipo de resíduo, da transportadora, para alguma pequena empresa que trabalhe com caçambas de 5 m³, aluguel apenas quando necessário, e preços reduzidos. Se os resíduos de construção e reforma fossem destinados a aterros de construção civil, sem custo, e transportados por outra empresa, com custo unitário de R\$ 0,055, se economizaria em média R\$ 106,53 por mês.

Sólidos contaminados (R23): A geração de resíduos sólidos contaminados na empresa depende principalmente dos funcionários. Sugere-se realizar treinamento e campanha para conscientização dos operadores, para evitarem desperdício e separarem corretamente os resíduos perigosos. Timofiecsyk (2001) recomenda realizar pesquisa de mercado e estudar a possibilidade de adotar novas destinações para fornecer mais benefícios à indústria. Uma mudança na destinação também pode ser recomendada, passando-se a destinar esses resíduos para coprocessamento, visto que o custo para destinação poderia ser até menor que o atual, e o custo com transporte pouco maior, já que o volume gerado é pequeno. Além disso, seria uma destinação ambientalmente mais correta em comparação ao aterro industrial. A mudança de destinação para coprocessamento em outra cidade, com custo unitário de R\$ 0,157 com transporte, e custo de R\$ 0,50 com destinação, custaria R\$2,04 a menos por mês do que a indústria paga atualmente.

Plástico de embalagem (R8): Estes resíduos são atualmente colocados nas caçambas que são encaminhadas a aterro classe II. Propõe-se passar a separar estes resíduos, colocando no local de geração tambores vermelhos identificados, e então vender estes plásticos para empresas recicladoras, eliminando os custos com transporte e destinação e passando a



II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental

ter um retorno econômico com sua venda, de aproximadamente R\$ 0,25 por kg. Se 95% dos plásticos de embalagens passasse a ser vendido para reciclagem por este valor, a indústria passaria a ter um retorno mensal de R\$ 23,75, e custo de apenas R\$ 1,55, representando uma economia de R\$ 53,30 mensais em relação ao atual.

Como mostrado, observa-se que, aplicando algumas das alternativas de minimização propostas para os 10 resíduos prioritários, é possível estimar uma economia de R\$ 78.836,76 por ano para a indústria, reduzindo os gastos com estes resíduos em 75,73%, além do consumo de matéria prima, dos riscos de acidentes, e do impacto ambiental.

CONCLUSÕES

A priorização auxilia na tomada de decisões, de modo que se invista em alternativas com o melhor custo-benefício. Deverão ser aplicadas medidas no sentido de minimizar prioritariamente alguns resíduos, sendo em primeiro lugar os refíles de resina com fibra de vidro. Foram propostas alternativas como medidas para redução da geração, reutilização na própria indústria, alteração da destinação para outra mais ambientalmente correta e com menor custo (ou mesmo com retorno), melhor separação dos resíduos, diminuição da necessidade de transporte, retorno do resíduo ao fornecedor, e minimização do desperdício. A indústria pode ter uma economia de mais de R\$78.000,00 por ano, se forem aplicadas algumas das medidas propostas. As alternativas sugeridas para a minimização, se aplicadas, irão contribuir para a redução da poluição ambiental, do desperdício de matéria, e dos gastos da indústria, podendo ser exemplo para aplicação em outras empresas e servir como incentivo ao investimento em gerenciamento de resíduos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cercal, Shelton R. Proposição de modelo matemático de seleção de prioridades de minimização de resíduos industriais. Curitiba, 2000. 78 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – UFPR.
2. Grubhofer, Fabíola O.N.F. Minimização de resíduos em uma indústria gráfica de cartões plásticos. Curitiba, 2006. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – UFPR.
3. Sanches, Andréa B. Aplicação da análise do valor global de um resíduo na fabricação de produtos descartáveis higiênicos em uma empresa do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004. 94f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – UFRGS.
4. Timofiecsyk, Fabiana do R. Minimização de resíduos numa indústria de alimentos da região Metropolitana de Curitiba –PR. Curitiba, 2001. 161f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – UFPR.