

**CARLOS GABRIEL CARUY**

**SUBSÍDIOS AO PROCESSO DECISÓRIO DE SUBSTITUIÇÃO DE  
MATÉRIA-PRIMA NA PRODUÇÃO DE PAINÉIS  
TERMOACÚSTICOS - UM ESTUDO DE CASO NO  
DESENVOLVIMENTO EMPRESARIAL SUSTENTÁVEL**

SÃO CAETANO DO SUL  
2010

**CARLOS GABRIEL CARUY**

**SUBSÍDIOS AO PROCESSO DECISÓRIO DE SUBSTITUIÇÃO DE  
MATÉRIA-PRIMA NA PRODUÇÃO DE PAINÉIS  
TERMOACÚSTICOS - UM ESTUDO DE CASO NO  
DESENVOLVIMENTO EMPRESARIAL SUSTENTÁVEL**

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos

Linha de Pesquisa: Impacto Ambiental de Processos Industriais

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Antonio Licco

SÃO CAETANO DO SUL

2010

**Caruy, Carlos Gabriel**

Subsídios ao processo decisório de substituição de matéria-prima na produção de painéis termoacústicos – um estudo de caso no desenvolvimento empresarial sustentável / Carlos Gabriel Caruy. – São Caetano do Sul, SP: CEUN-EEM, 2010.

92 p.

Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação. Linha de Pesquisa: Impacto Ambiental de Processos Industriais – Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, SP, 2010.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Antonio Licco

1. - Engenharia Química. 2. Sustentabilidade. I. Instituto Mauá de Tecnologia. Centro Universitário. Escola de Engenharia Mauá. II. Título.

**SUBSÍDIOS AO PROCESSO DECISÓRIO DE SUBSTITUIÇÃO DE  
MATERIAL-PRIMA NA PRODUÇÃO DE PAINÉIS  
TERMOACÚSTICOS - UM ESTUDO DE CASO NO  
DESENVOLVIMENTO EMPRESARIAL SUSTENTÁVEL**

Dissertação aprovada como requisito para a obtenção do grau de mestre no curso de Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia pela seguinte banca examinadora:

Prof. Dr. Eduardo Antonio Licco  
**Orientador**

Prof. Dr. Leo Kunigk

Prof. Dr. Murilo Damato

São Caetano do Sul, 23 de setembro de 2010

## **AGRADECIMENTOS**

Ao estimado Prof. Dr. Eduardo Antonio Licco, pelos ensinamentos, colaboração e dedicação.

À minha família, pelo amor e colaboração.

Agradeço à empresa e aos colegas da empresa Saint-Gobain Produtos Industriais e para a Construção Ltda. Pela cooperação neste trabalho.

## **RESUMO**

As relações das empresas e seu ambiente de negócios passam por interações que integram aspectos econômicos com aspectos de responsabilidade social, meio ambiente, segurança e saúde ocupacional, conduzindo ao desenvolvimento empresarial sustentável. As organizações se deparam com a problemática de assegurar que a estratégia empresarial de adoção de uma produção mais limpa, que é baseada na busca alternativas tecnológicas com menor impacto ambiental e mais seguras, reflita também em maior economia, melhoria de produtividade e redução de custos. No setor da construção, cresce a demanda por produtos menos impactantes, tanto nos aspectos de fabricação, quanto naqueles relacionados ao uso e descarte ao final do seu ciclo de vida. A indústria fabricante de painéis de revestimento termoacústico é uma dentre as que se deparam com estas questões, tendo nos adesivos que utilizam em suas linhas de produção uma importante matéria-prima para a sustentabilidade das suas atividades. Neste estudo de caso, estudaram-se os pontos positivos e negativos da substituição de um adesivo tradicionalmente usado como matéria-prima na produção de painéis de acabamento termoacústicos por outros de menor custo, buscando-se determinar se os eventuais benefícios econômicos dessa substituição viriam acompanhados por ganhos de qualidade no produto, de meio ambiente e de saúde e segurança dos envolvidos na fabricação destes painéis. Adotou-se como parâmetros de referência a qualidade final do produto, os custos de produção, os impactos ambientais e os riscos ocupacionais associados à emissão de compostos orgânicos voláteis. Os resultados da pesquisa mostraram que além da questão econômica, é importante uma análise mais detalhada de aspectos de qualidade, meio ambiente e saúde e segurança ocupacional antes da tomada de decisão de substituição de matérias-primas num processo produtivo. Tais matérias-primas podem conter em sua composição substâncias nocivas ao homem e ao meio ambiente e nem sempre declaradas ou mesmo conhecidas pelos seus fabricantes. Quando querem adotar os conceitos de sustentabilidade para implementar melhorias em seus produtos, processos de produção e operações, as organizações devem estar preparadas para aprofundar os conhecimentos sobre seus produtos, processos e matérias-primas.

**Palavras-chaves:** Produção Mais Limpa. Sustentabilidade empresarial. Compostos orgânicos voláteis.

## **ABSTRACT**

The relationships between companies and their business environment are passing through interactions, which integrate economic aspects with social responsibilities, environment issues, occupational health and safety aspects that are conducting these companies to the sustainable development. Organizations are facing a new situation to assure that their strategy to adopt a cleaner production, which is based on getting technological alternatives with less environmental impacts and becoming safer, also results in more savings, productivity improvements and cost reduction. In the building sector, the demand is growing for less impacting products related to the production aspects as well as to their uses and disposal after their life cycle. The industry which produces thermal and acoustic finishing panels is one of the companies that are facing with these questions, having adhesives that are used in its production lines as an important raw-material related to the company's sustainable activities. In this case study, it was studied the positive and negative points related to the replacement of an adhesive with another one of lower cost, aiming to determine if any eventual economic benefits might generate some quality, environment, health and safety gains to the stakeholders involved with the production process of these panels. It was adopted as reference parameters the final product quality, production costs, environmental impacts and occupational risks related to organic volatile compounds emissions. The research results showed that besides economic aspects, it is important a more detailed analysis of the quality, environment, health and safety aspects, before making a decision to replace raw-materials in a production process. These raw-materials could have in their composition toxic substances for individuals and the environment, and they are not always declared or known by its producers. When they want to adopt sustainability concepts to implement improvements in their products, production process and operations, organizations should be prepared to go deep into the knowledge about their products, process and raw-materials.

Key-words: Cleaner production. Corporate sustainability. Organic volatile compounds

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 OBJETIVO .....</b>	<b>15</b>
2.1 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	15
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>16</b>
3.1 PRODUÇÃO MAIS LIMPA.....	16
3.1.1 Conceito de Produção Mais Limpa.....	16
3.1.2 Produção Mais Limpa nas empresas .....	20
3.2 CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL.....	21
3.3 ITENS DE ACABAMENTO NA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL .....	25
3.3.1 Painéis termoacústicos como itens de acabamento.....	26
3.4 PROCESSO INDUSTRIAL PARA FABRICAÇÃO DE PAINÉIS TERMOACÚSTICOS ...	29
3.5 ADESIVOS USADOS NA FABRICAÇÃO DE PAINÉIS TERMOACÚSTICOS.....	31
3.5.1 Aspectos de higiene, saúde, segurança e meio ambiente.....	33
3.5.2 Problemas ligados aos solventes e emissões de COV's .....	36
3.6 AVALIAÇÃO DE ADESIVOS NA PRODUÇÃO DE PAINÉIS TERMOACÚSTICOS .....	40
3.6.1 Desempenho do adesivo no processo .....	40
3.6.2 Desempenho do adesivo no produto final .....	41
3.6.3 Aspectos e impactos ambientais gerados pelo uso industrial de adesivos.....	43
3.6.4 Perigos e riscos .....	44
3.6.5 Avaliação das emissões dos adesivos.....	44
3.6.6 Balanço de massa.....	47
3.6.7 Avaliação do odor.....	48

3.6.8 Limpeza dos equipamentos .....	50
3.6.9 Resíduo sólido proveniente do uso de adesivos .....	50
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>51</b>
4.1 A EMPRESA.....	52
4.2 ROTINA DE AVALIAÇÃO DE ADESIVOS PELA EMPRESA .....	53
4.3 MÉTODO .....	54
4.3.1 Análise dos adesivos em laboratório .....	54
4.3.2 Informações técnicas dos fornecedores – químicos, físicos e toxicológicos dos adesivos .....	57
4.3.3 identificação dos aspectos, impactos ambientais, perigos e riscos .....	57
4.3.4 Teste industrial .....	59
4.3.4.1 Balanço de massa para verificação das emissões .....	61
4.3.4.2 Avaliação de odor durante a produção.....	62
4.3.4.3 Avaliação dos adesivos no produto final .....	63
4.3.5 Análise de custos .....	66
4.4 COLETA DE DADOS.....	66
4.5 TRATAMENTO DE DADOS.....	66
4.6 LIMITAÇÕES DA PESQUISA .....	67
<b>5 RESULTADOS .....</b>	<b>68</b>
5.1 AVALIAÇÃO DA FICHA TÉCNICA E FISPQ DOS ADESIVOS TESTADOS .....	68
5.2 ANÁLISE PARA VERIFICAÇÃO DAS PROPRIEDADES DOS ADESIVOS .....	71
5.3 ANÁLISE QUÍMICA PARA DETERMINAÇÃO DOS COV'S NOS ADESIVOS .....	72
5.4 BALANÇO DE MASSA PARA VERIFICAÇÃO DAS EMISSÕES .....	75
5.5 AVALIAÇÃO DO ODOR DURANTE A PRODUÇÃO .....	77
5.6 ANÁLISE DO DESEMPENHO DO ADESIVO NO PRODUTO FINAL .....	78

5.7 ANÁLISE DE CUSTOS .....	79
5.8 ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS, PERIGOS E RISCOS .....	79
<b>6 DISCUSSÃO .....</b>	<b>81</b>
6.1 FICHAS TÉCNICAS E FISPQ .....	81
6.2 PROPRIEDADES DOS ADESIVOS E CARACTERIZAÇÃO DOS COV'S.....	81
6.3 BALANÇO DE MASSA DO PROCESSO PARA DETERMINAÇÃO DAS EMISSÕES DE COV'S .....	82
6.4 AVALIAÇÃO DO ODOR NA LINHA DE PRODUÇÃO .....	83
6.5 ANÁLISE DO PRODUTO FINAL E DOS CUSTOS .....	84
6.6 ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS, PERIGOS E RISCOS .....	84
6.7 RESUMO DOS RESULTADOS .....	85
<b>7 CONCLUSÕES .....</b>	<b>86</b>
<b>8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>88</b>
<b>9 ANEXOS .....</b>	<b>96</b>

## **FIGURAS**

FIGURA 1:	ELEMENTOS ESSENCIAIS DA ESTRATÉGIA DE P+L.....	17
FIGURA 2:	FORRO TERMOACÚSTICO.....	28
FIGURA 3:	AMOSTRA DE POLIURETANO SENDO TESTADA EM CÂMARA.....	43
FIGURA 4:	PLANO DE AVALIAÇÃO DE ADESIVOS.....	51
FIGURA 5:	LAMINADORA.....	52
FIGURA 6:	ROTINA DE AVALIAÇÃO DO ADESIVO .....	53
FIGURA 7:	<i>HEADSPACE</i> .....	56
FIGURA 8:	AVALIAÇÃO DE ADESIVOS .....	60
FIGURA 9:	MÉTODO DE VERIFICAÇÃO PARA CADA ADESIVO .....	61
FIGURA 10:	FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE LAMINAÇÃO.....	61
FIGURA 11:	ESTUFA PARA ENSAIO DE DESCOLAMENTO .....	64
FIGURA 12:	ENSAIO DE REAÇÃO AO FOGO.....	65
FIGURA 13:	CROMATOGRAMA DO ADESIVO A.....	72
FIGURA 14:	CROMATOGRAMA DO ADESIVO B .....	73
FIGURA 15:	CROMATOGRAMA DO ADESIVO C .....	73
FIGURA 16:	RESUMO DO DESEMPENHO DOS ADESIVOS.....	85

## TABELAS

TABELA 1:	Componentes e substâncias incorporadas nos adesivos.....	31
TABELA 2:	Solventes orgânicos industriais mais comuns.....	38
TABELA 3:	Aspectos e impactos ambientais dos adesivos.....	39
TABELA 4:	Limites de emissões de COV's para alguns adesivos e aplicações .....	40
TABELA 5:	Especificação e efeito dos adesivos na produção de painéis .....	41
TABELA 6:	Desempenho do adesivo no produto final.....	41
TABELA 7:	Limites de emissões – <i>Greenguard</i> .....	42
TABELA 8:	Substâncias encontradas no ar interior de uma residência – EUA.....	43
TABELA 9:	Aspectos e Impactos ambientais na produção de painéis.....	44
TABELA 10:	Perigos e riscos na produção de painéis .....	44
TABELA 11:	Grupos de classificação de substâncias odorantes .....	49
TABELA 12:	Grupos funcionais em moléculas odorantes .....	49
TABELA 13:	Dados das fichas técnicas dos produtos.....	68
TABELA 14:	Dados do item 2 das FISPQ para adesivos analisados .....	69
TABELA 15:	Resultados das análises dos adesivos .....	71
TABELA 16:	Resultados do <i>headspace</i> / GC-MS .....	72
TABELA 17:	Potencial de riscos dos COV's encontrados na GC-MS .....	74
TABELA 18:	Evaporação dos COV's no processo – Adesivo A .....	75
TABELA 19:	Evaporação dos COV's no processo – Adesivo B .....	76
TABELA 20:	Evaporação dos COV's no processo – Adesivo C .....	76
TABELA 21:	Evaporação de COV's no processo .....	77
TABELA 22:	Pressão de vapor dos COV's .....	77
TABELA 23:	Percepção de odor pelos operadores.....	78
TABELA 24:	Resultados de ensaios dos painéis produzidos .....	79
TABELA 25:	Impacto do custo do adesivo.....	79
TABELA 26:	Avaliação dos aspectos e impactos ambientais .....	80
TABELA 27:	Avaliação dos perigos e riscos.....	80

## 1 INTRODUÇÃO

No meio empresarial moderno, a relação entre uma organização e o seu ambiente de negócios passa por questões que não são mais exclusivamente econômicas, como lucratividade, crescimento econômico e expansão dos mercados de negócios. Segurança do usuário final, salubridade do ambiente de trabalho, proteção dos recursos naturais e responsabilidade social são os novos fatores que intervêm nessa relação. A correta integração dos aspectos econômicos com aqueles de saúde, trabalho e meio ambiente conduz ao desenvolvimento empresarial sustentável, rito essencial para assegurar a competitividade e longevidade das empresas.

Como afirma Moura (2000), já não é mais possível pensar em um negócio que resulte no crescimento e lucratividade de uma organização ao peso da deterioração do ambiente e de condições insalubres de trabalho. Nas palavras do autor:

[...] as empresas que tratam com descaso seus problemas ambientais tendem a incorrer em custos mais elevados com multas, sanções legais, além da perda de competitividade de seus produtos em um mercado cujos consumidores valorizam cada vez mais a qualidade de vida e, consequentemente, produtos e processos produtivos em harmonia com o meio ambiente.

No pensar de Donaire (2007), para um processo ser considerado ambientalmente amigável deve estar próximo dos seguintes objetivos: poluição zero, mínima produção de resíduos, nenhum risco para os trabalhadores, baixo consumo de energia e eficiência no uso de recursos.

A busca por alternativas tecnológicas mais limpas e matérias-primas menos tóxicas que minimizem os impactos negativos da atividade produtiva sobre o homem e o meio ambiente tem auxiliado o setor industrial a identificar soluções que também se refletem em economia e melhoria da produtividade. Diante disso, a indústria tem investido em modificações de processo, aperfeiçoamento de mão-de-obra e substituição de insumos para reduzir a geração de resíduos, eliminar ou minimizar as emissões atmosféricas e racionalizar o consumo de recursos naturais delineando o que se convencionou chamar de produção mais limpa.

De uma maneira geral, as indústrias operam no limite da conformidade ambiental, exceto quando não existe ou não é eficaz a legislação ou fiscalização. As empresas bem sucedidas no trato com o meio ambiente foram além da conformidade, tornando-se pró-

ativas em relação às questões ambientais, antecipando-se às mudanças institucionais e mostrando que os custos envolvidos com as melhorias foram compensados pelas economias obtidas na produção, na redução ou eliminação dos custos ambientais e na melhoria da imagem da empresa junto ao mercado (FURTADO, SILVA e MARGARIDO, 2001).

Uma empresa torna-se sustentável pelo modo como gerencia seus negócios, com valores e pensamento de longo prazo e pela forma como se relaciona com clientes, fornecedores, funcionários, acionistas, comunidade e meio ambiente, sendo a sustentabilidade uma opção estratégica, não oportunística (SEIDMAN apud FRIEDMAN, 2008).

No Brasil, o setor da construção civil tem dado clara demonstração de interesse por projetos que utilizam soluções sustentáveis em suas obras, conforme indica o Conselho Brasileiro para a Construção Sustentável (2009). De uma maneira geral, os fabricantes de produtos para construção têm buscado atingir objetivos de sustentabilidade por meio de uma produção mais limpa, melhorando seus processos produtivos, produtos e serviços, substituindo matérias-primas, minimizando ou eliminando os impactos ao meio ambiente e os perigos e riscos relacionados à produção e uso destes produtos e serviços (LICCO, 2006a).

Especificamente na indústria de produtos para a construção civil envolvida com a fabricação de painéis para revestimento e conforto térmico e acústico de ambientes construídos, observa-se uma demanda constante para a adequação dos seus produtos aos requisitos mercadológicos atuais, sendo nomeadamente: a inovação, redução de custos, aumento na durabilidade, redução de impactos ambientais, perigos e riscos durante a produção e melhoria da qualidade do produto final. Como exemplo, podemos citar o lançamento pela empresa Isover em 2009, na França, de uma nova geração de materiais isolantes termoacústicos feitos à base de fibras de vidro conhecidos como 3G, assegurando o desempenho dos produtos como isolantes termoacústicos e a redução dos impactos ambientais, perigos e riscos associados à produção e uso (SAINT-GOBAIN, 2009).

Nesta busca de excelência, a indústria se defronta com a problemática de assegurar uma evolução tecnológica que lhe permita aumento de produtividade e redução de custos, sem a introdução de riscos inaceitáveis à saúde do trabalhador e ao meio ambiente. Este é o caso da empresa foco deste estudo. Dedicada à fabricação de painéis termoacústicos, pesquisa e desenvolve constantemente novos insumos e produtos, o que lhe tem garantido

uma parcela importante nesse concorrido mercado. Visando o aumento de produtividade, redução de custos e melhorias na qualidade de seu produto final estuda atualmente a viabilidade da substituição de uma de suas matérias-primas mais tradicionais, o adesivo químico a base de EVA usado na produção de painéis termoacústicos. Observa-se que os adesivos químicos têm, cada vez mais, participação importante na moderna produção industrial como elemento prático e funcional de fixação de peças e partes. Esta realidade está especialmente presente na fabricação de materiais para a construção civil e destacadamente na fabricação dos painéis de acabamento termoacústicos estudados nesta pesquisa.

Neste contexto, em função da diversidade, especificidade e, principalmente, da composição dos adesivos químicos disponíveis no mercado, uma substituição incorreta terá implicações diretas no custo, na qualidade do produto final e nas condições do ambiente de trabalho, pela possibilidade de introdução de substâncias químicas perigosa.

Pautado nos conceitos da produção mais limpa e da sustentabilidade empresarial, este estudo avalia, embasado no que observou o autor em visitas a empresas do mesmo segmento operando na Europa e nos Estados Unidos, os pontos positivos e negativos da substituição do adesivo tradicionalmente utilizado na fabricação de painéis termoacústicos, por outros de menor custo, buscando determinar se a redução de custo esperada com o uso de um adesivo alternativo não virá acompanhada de perdas na qualidade do produto final, insalubridade do ambiente de trabalho ou geração de resíduos perigosos.

## 2 OBJETIVO

Analisar, utilizando os conceitos da produção mais limpa e da sustentabilidade empresarial, a viabilidade econômica, ambiental e ocupacional da substituição de uma matéria-prima chave no processo de produção de painéis termoacústicos.

### 2.1 OBJETIVO ESPECÍFICO

Avaliar a qualidade do produto final, os custos de fabricação e os possíveis impactos ambientais e ocupacionais da fabricação e uso de painéis de acabamento termoacústicos, utilizando diferentes tipos de adesivos.

Subsidiar a empresa em seu processo decisório de substituição de matérias-primas.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 PRODUÇÃO MAIS LIMPA – PML – P+L**

O setor industrial passa por um importante período de transição e ajustes diante dos imperativos ambientais, que inclui o tratamento do meio ambiente como uma questão estratégica e fonte potencial de rentabilidade e vantagem competitiva, além da busca de soluções para os problemas ambientais atuais e futuros (SANCHES, 2000).

A Produção Mais Limpa é uma estratégia adotada pelas empresas que buscam atuar de uma forma preventiva em relação aos seus aspectos e impactos ambientais. Visa benefícios como a redução de custos operacionais e otimização de processos, adequação no uso e consumo de matérias-primas, água e energia, melhoria no desempenho do processo industrial, do controle de aspectos ambientais, de saúde e de segurança ocupacional.

##### **3.1.1 Conceito de Produção Mais Limpa**

A *United Nations Environment Programme*, que é o órgão das Organizações das Nações Unidas para proteção do meio ambiente, define Produção Mais Limpa como a aplicação contínua de uma estratégia ambiental integrada e preventiva para processos, produtos e serviços para aumentar a eficiência em geral e reduzir riscos para os seres humanos e para o meio ambiente. Produção mais limpa pode ser aplicada para os processos em qualquer indústria, para os próprios produtos e para vários serviços oferecidos para a sociedade (UNEP, 2007).

O Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (2008) tem a seguinte definição para Produção Mais Limpa:

A aplicação contínua de uma estratégia técnica, econômica e ambiental integrada aos processos, produtos e serviços, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, pela não geração, minimização ou reciclagem de resíduos e emissões, com benefícios ambientais, de saúde ocupacional e econômicos.

Ainda segundo o CEBDS (2008), a Produção Mais Limpa, relacionada ao projeto de produtos, busca direcionar o projeto para a redução dos impactos negativos do ciclo de vida, desde a extração da matéria-prima até a disposição final. Em relação aos processos de produção, direciona-se para a economia de matéria-prima e energia, a eliminação do uso de materiais tóxicos e a redução nas quantidades e toxicidade dos resíduos e emissões. Em relação aos serviços, direciona seu foco para incorporar as questões ambientais dentro da estrutura e entrega de serviços. É produzir mais com menos, aumentando eficiência no uso de materiais e energia, aumentando competitividade e produtividade (UNIDO, 2008).

A Produção Mais Limpa adota uma abordagem preventiva em resposta à responsabilidade financeira adicional trazida pelos custos de controle da poluição e dos tratamentos de final de tubo.

A figura 1 demonstra que a PML tem caráter preventivo, atuando de forma contínua e integrativa de processos, estabelecendo uma estratégia de ações para produtos, processos ou para serviços visando à redução de riscos para o homem e para o meio ambiente.

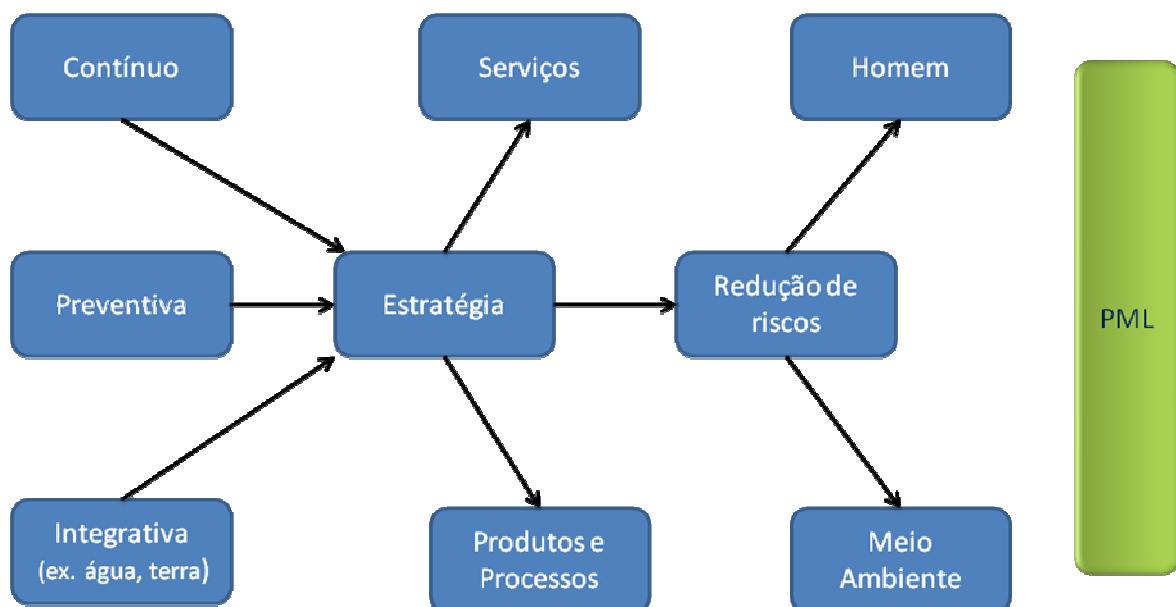


FIGURA1 - ELEMENTOS ESSENCIAIS DA ESTRATÉGIA DE PMAISL  
Fonte: UNEP/UNIDO, 1995 apud CEBDS

Note-se que a diferença básica entre a Produção Mais Limpa e o processo convencional de controle de poluição é uma questão de *timing*: o controle da poluição ocorre após o evento, com abordagem do tipo “reagir e tratar” ao passo que a Produção Mais Limpa tem uma filosofia do tipo “anticipar e prevenir”.

O aspecto mais importante da Produção Mais Limpa é o de requerer não somente a melhoria tecnológica, mas a aplicação de *know-how* e a mudança de atitudes. Esses três fatores reunidos é que fazem o diferencial em relação às outras técnicas ligadas a processos de produção. A aplicação de *know-how* significa melhorar a eficiência, adotando melhores técnicas de gestão, fazendo alterações por meio de práticas de arrumação e organização do local de trabalho, estabelecendo soluções caseiras e revisando políticas e procedimentos quando necessário. Mudar atitudes significa encontrar uma nova abordagem para o relacionamento entre a indústria e o ambiente, pois repensando um processo industrial ou um produto, em termos de Produção Mais Limpa, pode ocorrer a geração de melhores resultados, sem requerer novas tecnologias. Com isso, a estratégia geral para alcançar os objetivos é de sempre mudar as condições na fonte em vez de lutar contra os sintomas (CEBDS, 2008).

Nos processos produtivos, a Produção Mais Limpa resulta na conservação de matérias-primas, água e energia, na eliminação de matérias-primas tóxicas e perigosas e na redução da quantidade e toxicidade de todas as emissões e resíduos gerados durante o processo de produção.

Ainda segundo o CEBDS (2008), para os produtos, a Produção Mais Limpa objetiva reduzir os impactos ambientais, de saúde e segurança durante o seu ciclo de vida, desde a extração das matérias-primas, passando pela manufatura e uso até a última disposição dos produtos.

Para serviços, a produção mais limpa implica na incorporação das preocupações ambientais no projeto e na entrega dos serviços.

No pensar de Moura (2.000, p. 1):

[...] o meio ambiente, ao interagir com todas as atividades humanas, é modificado continuamente por essas atividades. A variável econômica está sempre presente nesta interação, pois a implantação de novas leis, as demandas e pressões de consumidores ou a própria consciência dos empresários constituem-se em fatores que forçam uma nova postura e novas regras de conduta no tocante às atividades industriais, com repercuções sobre os custos de produção.

A adoção de certificação de sistemas de gestão ambiental seguindo uma norma como a NBR ISO 14.001 indica que uma organização tem um sistema de gestão ambiental implantado e que há um compromisso pela melhoria contínua deste sistema, buscada, principalmente, pela prevenção, redução ou eliminação dos impactos ambientais de suas

atividades (BARBIERI, 2004). Já a adoção da Produção Mais Limpa pode representar evidências de melhorias e compromisso da organização com o meio ambiente, pois vai gerar lucros, aumentar receitas ou reduzir custos, minimizar os impactos ambientais e aumentar a segurança das operações e dos produtos ou serviços.

Para a UNEP (2007), a adoção da Produção Mais Limpa contribui para promover a continuidade e sustentabilidade de uma organização, justificada pelas seguintes vantagens embutidas:

- redução de passivos ambientais;
- aumento da lucratividade da empresa;
- redução dos custos de produção;
- aumento da produtividade;
- retorno rápido de qualquer capital investido em P+L;
- aumento do lucro dos produtos vendidos;
- possibilidade do uso mais eficiente de energia e matérias-primas;
- melhoria da qualidade dos produtos;
- aumento na motivação dos funcionários;
- participação dos funcionários na geração e implementação de idéias;
- redução de riscos aos consumidores;
- redução de risco de acidentes ambientais;
- valorização pelos empregados, comunidades locais, clientes e poder público;
- evita custos com atendimento a legislação;
- possibilidade de redução de gastos com seguros;
- possibilidade de maior acesso ao capital em instituições financeiras;
- facilidade e rapidez de implantação;
- freqüentemente, P+L requer pouco capital investido.

Segundo o CEBDS (2008), a adoção dos princípios da Produção Mais Limpa tem os seguintes objetivos:

- aumentar a vantagem econômica e competitiva da empresa;
- racionalizar o uso de insumos;
- reduzir os desperdícios;
- minimizar a geração de resíduos, diminuindo os impactos ambientais;
- aumentar a competitividade, atualizando a empresa de acordo com as exigências do mercado;

- adequar os processos e produtos em conformidade com a legislação ambiental;
- permitir a obtenção de indicadores de eficiência;
- documentar e manter os resultados obtidos;
- promover e manter a boa imagem da empresa, divulgando a ecoeficiência da produção e a qualidade dos produtos oferecidos;

Neste contexto, para os processos produtivos, seriam considerados benefícios da Produção Mais Limpa:

- redução no consumo de matéria-prima, energia e água;
- redução de resíduos e emissões;
- reuso de resíduos de processo;
- reciclagem de resíduos.

Para os produtos, os benefícios esperados seriam:

- redução de desperdícios (obtidos com os princípios do *ecodesign*);
- uso de material reciclável para novos produtos;
- diminuição do custo final;
- redução de riscos.

### **3.1.2 Produção Mais Limpa nas Empresas**

Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2008), a filosofia da Produção Mais Limpa admite diversos níveis de aplicação junto às empresas, desde o simples ato de refletir criticamente sobre as possibilidades de melhoria de seus processos (e, assim, reduzir desperdícios), até a efetiva implementação de um programa de PML. Desta forma, qualquer ação no sentido de observar com novos olhos os processos, produtos e serviços da empresa já traz inúmeros benefícios.

Diversas empresas do Estado de São Paulo adotam, presentemente, esta postura pró-ativa, gerando casos de sucesso de PML (CETESB, 2008). Um deles é o da empresa Erimpress Etiquetas Ltda, fabricante de etiquetas auto-adesivas, situada em São Paulo – SP, que realiza operações de siliconização e adesivação de papel em uma laminadora. Este processo consiste em aplicar silicone ou adesivo sobre papel através de um cilindro e

depois é feita a secagem deste conjunto em estufa a gás. Este caso é similar ao processo estudado pelo autor, qual seja: a adesivação e secagem de adesivos aplicados sobre filmes plásticos em laminadora para produção de painéis termoacústicos revestidos com filme de PVC.

A Erimpress usava como matéria-prima silicones a base de solventes orgânicos (toluol, xilol e outros), o que lhe causava problemas ocupacionais com a emissão de gases e vapores no ambiente de trabalho e incômodo à população vizinha pela emissão de odor para a atmosfera. Devido ao incômodo causado à vizinhança, a CETESB foi acionada, constatou a procedência da reclamação e autuou a empresa exigindo ação imediata para o controle da fonte de poluição. Após diversos estudos de alternativas, a empresa adotou como medida para solucionar o problema a substituição do silicone a base solvente por outro a base de água. Esta substituição não requereu mudança operacional no sistema de laminação.

Ainda segundo a CETESB (2008), os seguintes resultados foram obtidos pela empresa Erimpress com a adoção da Produção Mais Limpa:

- 17% de ganho financeiro na aquisição de matéria-prima, devido ao menor custo do silicone a base de água em relação ao de base solvente;
- eliminação dos riscos associados ao armazenamento de 1000 litros/mês de solventes orgânicos em sua instalação;
- eliminação das emissões odoríferas para a atmosfera;
- eliminação do uso de solventes orgânicos no processo;
- melhoria na qualidade do produto, pois facilitou o destaque do papel do *liner*;
- eliminação de problemas com a comunidade vizinha e com o órgão ambiental.

Não estudo de caso desenvolvido pelo autor, verificou-se se ganhos similares podem ser igualmente obtidos no processo industrial estudado.

### 3.2 CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

Para entendermos o conceito de sustentabilidade na construção, é necessário entender os conceitos de “verde” e “sustentável”, relacionados ao consumo.

Como propõe Cooper (2002 apud GONÇALVES-DIAS, MOURA, 2007, p. 5) o significado de consumo sustentável seria o respeito a “padrões de consumo através de compra e uso de bens e serviços que atendam às necessidades básicas das pessoas em conjunto com a minimização da degradação ambiental”.

Por sua vez, o consumidor verde é definido por Portilho (2005, p.3) como “aquele que, além da variável qualidade/preço inclui em seu poder de escolha a variável ambiental, preferindo produtos que não agridam ou sejam percebidos como não-agressivos ao meio ambiente”. Suas demandas estimulam a modernização ecológica das indústrias.

Ainda na opinião de Portilho (2005), a estratégia de produção e consumo limpos ou verdes começa a perder espaço para uma estratégia de produção e consumo sustentáveis. O ambiente deixou de ser relacionado apenas a uma questão de como os recursos são usados (os padrões), para também estar vinculado à preocupação de quanto é usado (os níveis), portanto um problema de acesso, distribuição e justiça. Ainda segundo Portilho (2005), a idéia de consumo sustentável não se resume nas mudanças do comportamento do indivíduo, no design de produtos ou na forma de prestação de um serviço. Passa a ter um espectro mais amplo, priorizando as ações individuais ou coletivas do consumidor como práticas políticas.

O conceito de construção sustentável integra uma variedade de estratégias durante o projeto, construção e operação de edifícios. O uso de materiais de construção e dos demais produtos incorporados na edificação que sejam “verdes” ou tenham atributos sustentáveis são integrantes de um projeto de construção sustentável, tornando os edifícios mais ecológicos e saudáveis (FROESCHLE, 1999).

Araújo (2005) explica que a construção sustentável faz uso de ecomateriais e de soluções tecnológicas e inteligentes para promover o bom uso e a economia de recursos finitos (água e energia elétrica), a redução da poluição, a melhoria da qualidade do ar no ambiente interno, o conforto de seus moradores e usuários. Mesmo quando emprega produtos ou processos artesanais (exemplo paredes de adobe ou taipa de pilão), este uso é consciente, buscando o sucesso ambiental da obra e não apenas uma construção. A construção sustentável prevê o uso de materiais que reconhecidamente não sejam envolvidos com problemas ambientais, seja na obtenção da matéria-prima, na produção, durante o uso ou no descarte.

No sentido de desenvolver processos e produtos ambientalmente mais seguros, deve-se procurar reduzir ou eliminar a existência de materiais tóxicos e efetuar novos projetos levando em consideração a saúde e o bem-estar dos trabalhadores e consumidores, e o respeito às formas de vida e aos ecossistemas (DONAIRE, 2007). Este também tem sido um desafio da indústria de produtos para a construção. Ainda segundo Donaire (2007), a proteção ao meio ambiente deixa de ser uma exigência punida com multas e sanções para inscrever-se em um cenário de ameaças e oportunidades, em que as consequências passam a significar posições na concorrência, e a própria permanência ou saída do mercado.

Del Carlo (2008) explica que a construção sustentável é uma questão de consciência, pois é perfeitamente possível substituir sistemas construtivos e materiais de acabamento não recicláveis ou causadores de grande impacto ambiental por outros que não comprometem o meio ambiente e nem a saúde dos seres humanos que trabalharem na obra ou usem a edificação. Por outro lado, Farah e Vittorino (2009) chamam a atenção de que ainda não existe sucedâneos para os tradicionais materiais constituintes do “cardápio” básico da construção, entre eles o cimento, aço, ferro, alumínio, cobre, brita, vidro e componentes cerâmicos, que têm importante carga ambiental incorporada, envolvendo a extração, refino, transformação e transporte de matérias-primas brutas extraídas da natureza até a transformação em produtos que serão usados na construção.

A desmaterialização, que consiste em obter o mesmo desempenho com menores quantidades de material, o ciclo fechado de produção de edifícios ou modelo cíclico de produção, onde a utilização de todos os recursos empregados na construção é otimizada e a geração de resíduos reduzida a um mínimo reciclável, bem como o aumento da durabilidade, expressada pela distribuição da vida útil de um conjunto de componentes das edificações, são novas estratégias na obtenção da sustentabilidade das construções (JOHN *et. al*, [2001?]).

O Comitê Temático Materiais do Conselho Brasileiro da Construção Sustentável (2008) tem como objetivo produzir referências técnicas e propor políticas setoriais para promover a sustentabilidade da cadeia de produção de materiais e componentes da construção, além de propor ferramentas e conceitos que auxiliem os projetistas, construtoras e consumidores a realizarem a seleção de produtos com base no critério de sustentabilidade.

Pela participação do autor em um congresso sobre arquitetura e construção sustentável nos Estados Unidos, constatou-se que em países como os Estados Unidos e na Europa, os conceitos de construção sustentável estão mais desenvolvidos, inclusive suportados por legislações. A Europa é a região mais desenvolvida e dedicada para a construção verde. Entretanto, a Ásia, que é a região com o mais rápido crescimento do setor da construção, puxado pela China, não tem legislação ou substanciais iniciativas relacionadas com edifícios verdes (DAVIS, 2010).

Como um dos frutos deste desenvolvimento, a *International Code Council* - ICC lançou em 2009 o *International Green Construction Code* - IGCC, com o objetivo de desenvolver um código-modelo de projetos para a construção verde de alto desempenho, destinado para edifícios comerciais novos e para os já existentes (IGCC, 2010). O IGCC encoraja e direciona a construção de edifícios que excedam os limites estabelecidos por códigos de obras ou pelos sistemas estabelecidos de certificação de prédios verdes.

Vários estudos de mercado têm demonstrado que os consumidores estão dispostos a pagar preços mais elevados para produtos que comprovadamente contribuem para a preservação do meio ambiente (DONAIRE, 2007). Entretanto, existe uma dificuldade e complexidade para a promoção de soluções sustentáveis dentro de uma economia de mercado, que seleciona produtos e processos não com base no critério ambiental, mas com base na lucratividade, que é influenciada pela demanda (GONÇALVES- DIAS, MOURA, 2007).

Portilho (2005), citando vários autores, descreve que a incorporação do custo ambiental ao preço das mercadorias faz com que este custo recaia sobre os consumidores, indicando que as empresas estariam repassando os custos ambientais aos consumidores. Também alerta para o fato de que o consumo verde enfatiza produtos elitizados, destinados a uma parcela da sociedade, enquanto os pobres ficam com produtos inferiores e com um nível de consumo abaixo do atendimento de suas necessidades.

Transpondo-se este cenário para a indústria de produtos para a construção, verifica-se que existem claras evidências pela busca de produtos que se enquadram nos requisitos de construção sustentável. Edifícios com certificados ambientais como o *Leadership in Energy and Environmental Design* do *Green Building Council* – Brasil (2009), já incorporam produtos que tem seu desempenho ambiental analisado (origem das matérias-primas usadas na produção, consumo de recursos naturais, uso de materiais reciclados na composição de tais produtos, entre outros). De acordo com o Centro Tecnológico em

Edificações (2010), na definição do projeto de uma edificação ou na execução da obra, realizam-se estudos técnicos para definição das melhores tecnologias ambientais (entre elas processos construtivos, sistemas e materiais) a serem incorporadas ao projeto e à obra, de acordo com a vocação do projeto e o nível de certificação a ser alcançado.

Por outro lado, para a grande maioria das construções que não buscam nenhum tipo de certificação como o LEED, o fator custo ainda é determinante para a escolha e uso de um produto numa obra. Desta forma, um dos desafios para a indústria de produtos para a construção é aperfeiçoar o seu desempenho ambiental sem trazer novos custos aos seus produtos (CBCS, 2008).

John (2007) enfatiza que uma das condições para aumentar a sustentabilidade da construção é privilegiar fornecedores que possuem as melhores práticas sócio-ambientais, ou seja, respeito ao meio ambiente para oferecer um produto ou um serviço e, principalmente, aqueles que não atuem na informalidade, nas suas práticas comerciais ou na contratação de mão-de-obra.

Ainda no entendimento de John (2007), “contratar” custos é importante, mas não pode ser sinônimo de menor preço a qualquer custo. Os produtos devem atender aos padrões de qualidade, principalmente seguindo normas técnicas, e ter durabilidade adequada. Qualidade é fundamental e a falta dela é desperdício de recursos naturais e poluição inútil.

No que tange aos painéis termoacústicos revestidos, estes caracterizam-se como materiais integrantes das edificações e, portanto, sujeitos a uma avaliação sobre sua contribuição para a construção sustentável, ou ainda a atender a um consumidor verde. Os adesivos, como integrantes da produção destes painéis, têm contribuição relevante para o atendimento de ambos os requisitos (do consumidor verde e da construção sustentável) quando incorporados em uma edificação.

### 3.3 ITENS DE ACABAMENTO NA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

As construções são os locais onde o ser humano mais convive no curso de sua vida, como a casa, a escola e seus lugares de trabalho e lazer. Nas cidades passa-se, em média, 90% do tempo nos ambientes fechados das edificações. Este fato ressalta a importância dos materiais e itens de acabamento empregados, tais como os revestimentos destinados para o

conforto térmico e acústico, se o objetivo é um convívio em um espaço seguro, agradável e saudável (LICCO, 2006a).

A indústria produtora destes materiais depara-se com a demanda por produtos destinados ao consumidor verde, seja pelo aspecto de produção ou pela destinação dos produtos no final dos seus ciclos de vida, visando reduzir o impacto ambiental gerado pelas edificações. O grande desafio da indústria tem sido fazer a adequação dos produtos atuais para produtos “verdes” ou com atributos de sustentabilidade. Além da adaptação e do *know-how* para produzi-los de forma sustentável e dos custos, tem sido necessário desenvolver a cadeia de fornecedores de matérias-primas e insumos também “verdes”, tais como revestimentos, adesivos e embalagens.

Segundo Donaire (2007), é necessário que as organizações mantenham-se atualizadas sobre as inovações relevantes que possam melhorar seu desempenho ambiental e social no sentido de continuamente melhorar e reavaliar seu processo produtivo. Nesse sentido, a associação entre quatro fatores, ou seja, a produção, qualidade, meio-ambiente e segurança, é fundamental para a sobrevivência da empresa no longo prazo, pois a qualidade total da empresa só pode ser concebida dentro de um contexto de qualidade ambiental. O presente estudo sobre a escolha de um adesivo para a produção de painéis revestidos termoacústicos abrange estes quatro aspectos.

### **3.3.1 Painéis termoacústicos como item de acabamento**

Existem diversos produtos empregados na construção civil e nas indústrias usados para tratamento térmico e acústico de ambientes (SILVA, 2002). Os acabamentos termoacústicos tratados neste estudo de caso constituem-se de painéis de fibras de vidro (lã de vidro) cobertos em uma das faces (a que fica aparente quando instalados) com pintura, filme de PVC, tecido ou véu de vidro. São produtos destinados ao revestimento de paredes e forros. São fabricados em diversas medidas que variam conforme a aplicação do painel. Os forros, por exemplo, têm medidas nominais com 1,25 m de comprimento x 0,625 m de largura, que é o padrão dimensional utilizado no mercado brasileiro. Têm espessuras que variam entre 15 até 50 mm e densidade aparente entre 30 até 100 kg/m<sup>3</sup>, seguindo a norma NBR 11358 (ABNT, 1994). Usualmente são instalados sobre uma estrutura auxiliar, formada por perfis metálicos. Por isso, podem ser removidos depois de instalados, facilitando

serviços de manutenção nas instalações acima do forro, tais como dutos de ar condicionado, fiações, luminárias, etc.

As principais funções de um painel termoacústico são:

- tratamento térmico do ambiente, ou seja, prover conforto térmico;
- tratamento acústico de ambientes, ou seja, prover conforto acústico;
- efeito decorativo no ambiente, ou seja, prover estética.

Duas propriedades destes painéis devem ser conhecidas para identificar seu desempenho:

- Resistência térmica ( $m^2 K / W$ ): que determina o poder de isolação térmica do painel, ou seja, quanto maior o valor mais isolante térmico é o material (INCROPERA; DEWITT, 2003);
- Coeficiente de redução sonora ou NRC - *noise reduction coefficient*, que determina um valor médio de absorção acústica do produto, tomando os valores de absorção encontrados nas freqüências de 250, 500, 1000 e 2000 Hz. São ensaiados conforme a norma brasileira NBR 9634 (ABNT, 1995) ou pela *International Standardization Organization* 354 (ISO, 1985). O NRC é determinado conforme a norma da *American Society for Testing and Materials* C 654 (ASTM, 1990).

Quanto maior o NRC, mais absorvente de ondas acústicas é o painel. O mercado adotou esta referência para comparar o desempenho acústico de diferentes produtos. Na prática, uma correta especificação visando o tratamento acústico deve considerar todo o espectro de absorção acústica de determinado produto, principalmente considerando as condições do local onde será usado (GERGES, 2001).

A durabilidade é uma característica de qualidade destes produtos e a adesivação dos materiais usados para revestir estes painéis é um fator de fundamental importância. Além de manter suas características estéticas, devem ser resistentes às condições do ambiente ao qual estão instalados. Muitas vezes são usados sob coberturas ou em locais climatizados artificialmente. Portanto, os adesivos usados nos processos fabricação destes painéis devem resistir a diferentes condições de temperatura e umidade relativa do ar, evitando principalmente o descolamento deste sistema painel-revestimento com o passar do tempo (CARUY, 2002).

A figura 2 mostra uma aplicação prática de painel revestido termoacústico usado como forro.

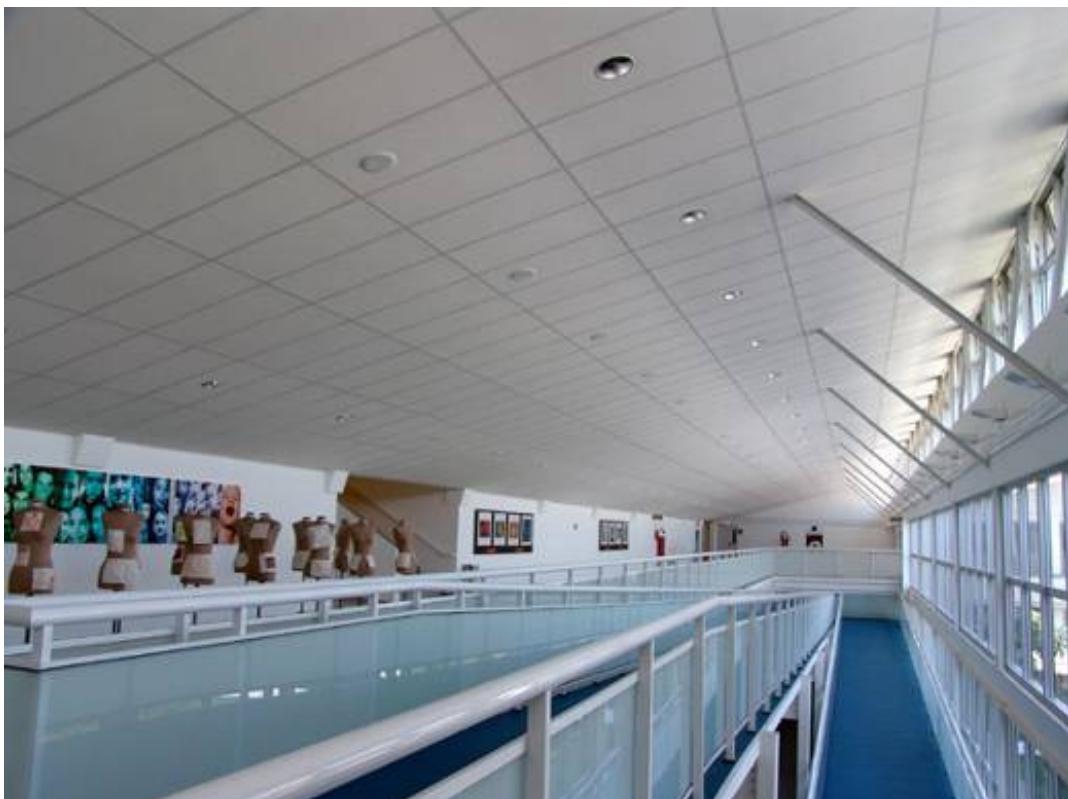


FIGURA 2 - FORRO TERMOACÚSTICO

Não há restrições quanto ao uso de painéis termoacústicos em edificações, exceto em situações específicas onde há limitações aos produtos e forma de instalação devido à necessidade de limpeza constante e higienização, como salas limpas, centros cirúrgicos, indústria alimentícia e indústria farmacêutica, entre outras. Nesses casos, as restrições são relacionadas com o método de instalação e aos requisitos de limpeza e higiene do local. Os materiais de acabamento e seus respectivos sistemas de instalação nestes ambientes devem atender requisitos específicos publicados por órgãos competentes como a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2010), que tem portarias e guias de projetos para estes tipos de edificação. Nas aplicações regulares e em áreas comuns das edificações, os painéis termoacústicos podem ser regularmente instalados. São usados em escritórios, centros comerciais, indústrias, residências, laboratórios, hospitais, igrejas e em diversos outros ambientes onde são exigidos acabamento e conforto termoacústico.

Atualmente, nos Estados Unidos e na Europa, os produtos de acabamento usados nas edificações estão sob pressão para serem “verdes”, tanto no processo de produção, pela adoção de produção mais limpa, relacionadas à análise do ciclo de vida dos produtos e às emissões de COV's provenientes de adesivos, tintas e resinas, quanto ao uso final do produto, contribuindo para a qualidade do ar interior dos ambientes onde estes produtos estão instalados (BERTRAM, 2010)

Nos Estados Unidos, a organização *Greenguard Environmental Institute (GEI)* analisa e certifica produtos de acabamento e decorativos (forros, cadeiras, mobiliário, carpetes, entre outros) com relação à emissão de COV's. As emissões e análises de COV's são feitos em laboratório seguindo as normas ASTM D 6670 e ASTM D 6196, respectivamente (GREENGUARD, 2008).

### 3.4 PROCESSO INDUSTRIAL PARA A FABRICAÇÃO DE PAINÉIS TERMOACÚSTICOS

Um dos processos mais tradicionais para produção de painéis termoacústicos é a laminação do revestimento sobre o painel de fibra de vidro (substrato). Este processo foi a referência para o desenvolvimento deste estudo de caso.

Existe um número considerável de adesivos para laminação e de técnicas de laminação. Para os adesivos existem três tipos básicos:

- adesivos de base aquosa (emulsões e dispersões);
- adesivos de base solvente;
- *hot-melts* (tipo de adesivo que necessita de aquecimento para ser aplicado).

Já para o processo de laminação, são duas as técnicas básicas: laminação úmida e laminação seca. Conforme Packham (1992), laminações úmidas são aquelas na qual o adesivo, base água ou solvente, seca por completo somente após o processo de laminação. Este tipo de laminação é adequado para aplicações onde um dos substratos é poroso, porque facilita a secagem do adesivo. Neste caso, o solvente do adesivo permeia do laminado para o substrato, sendo por ele absorvido. O adesivo é aplicado geralmente por rolos (coleiro) ou jato (*spray*) em um dos substratos e, enquanto permanece úmido, o segundo substrato é colocado em contato com ele por meio de um rolo compressor. O produto resultante (laminado) pode ser deixado para secagem ao ar ou pode ser passado

em estufa aquecida para remover os solventes do adesivo e atingir a força de coesão necessária. Geralmente, este método não é adequado para aplicação usando filmes plásticos devido ao uso de temperatura na estufa, sendo mais adequado para colagens do tipo papel-papel, papel-*foil*, entre outras.

Os tipos de adesivos usados em laminação úmida são, principalmente, os produtos naturais a base de água, como o amido, dextrina, acetato de polivinila ou látex.

Já a laminação a seco pode ser usada para uma ampla gama de substratos, como papel impregnado, filmes metálicos (*foils*) e filmes plásticos. O adesivo pode ser à base de água ou solvente, sendo comum o emprego de agentes de reticulação (reação química para formação de cadeia) para alcançar a completa força de colagem. O adesivo é aplicado sobre um dos substratos por sistemas de rolos e o substrato impregnado com adesivo passa em uma estufa aquecida para remover o solvente deixando uma superfície com leve força de adesão inicial (conhecida como pega ou *tack*). O outro substrato também pode ser aquecido para receber o primeiro e utiliza-se um rolo pressor para garantir um bom contato entre os dois substratos e o fluxo do adesivo entre as superfícies. A pega inicial deve ser suficiente para manter as partes juntas porque a força de adesão total geralmente ocorre após 24 horas. Os adesivos mais comuns são base solvente, embora inúmeros desenvolvimentos estejam sendo feitos para reduzir os tipos e as quantidades de solventes usados nos adesivos. Uma ampla gama de adesivos está disponível para satisfazer necessidades específicas de adesão para cada processo de laminação úmida. Este é o tipo de processo analisado pelo autor neste estudo de caso.

O método usando laminação com adesivos do tipo *hot-melt* consiste em aquecer o adesivo até uma determinada temperatura e realizar a aplicação do mesmo em um substrato de maior resistência a temperatura. A aplicação pode ser feita por rolos, *spray* ou por cordões, sempre deixando uma camada uniforme de adesivo sobre o substrato. Os adesivos *hot-melts* são geralmente copolímeros de EVA, embora muitos outros tipos de polímeros possam ser usados. Alguns tipos são reticuláveis e têm sido desenvolvidos para melhorar a resistência dos laminados ao calor (PACKHAN, 1992).

Em muitas aplicações de laminações, os filmes plásticos têm sido usados como substratos. Como estes filmes têm características de molhabilidade (umectação e afinidade do adesivo na superfície do filme) ruim, especificamente com água, é necessário usar técnicas de modificação de superfícies com a operação de laminação para aumentar a adesão. Até solventes que atacam a superfície do laminado podem ser usados como técnica

para aumentar o *tack* inicial (exemplo: o uso de MEK nos adesivos para atacar a superfície de filmes de PVC).

### 3.5 ADESIVOS USADOS NA FABRICAÇÃO DE PAINÉIS TERMOACÚSTICOS

Couvrat (1992) define que a função clássica de um adesivo é de unir duas superfícies. Geralmente, um adesivo é uma substância formada pela composição de um polímero de base destinado a conferir as propriedades e características mecânicas, físicas ou químicas principais do adesivo. Este polímero define a família do adesivo. Outros componentes ou substâncias são incorporados como aditivos para formar o adesivo, conforme tabela 1:

TABELA 1 - COMPONENTES E SUBSTÂNCIAS INCORPORADAS NOS EM ADESIVOS

Componente adicionado	Função
Fibras moídas	Reforçar filme adesivo para dar resistência mecânica
Plastificantes ou flexibilizadores	Diminuir a rigidez e aumento da flexibilidade
Tackificantes	Aumentar o poder colante
Anti-oxidantes	Evitar corrosão do substrato
Agentes anti-UV	Reduzir o envelhecimento sob exposição da luz solar e intempéries
Estabilizantes	Melhorar o envelhecimento e a durabilidade do adesivo
Tensoativos	Aumentar a molhabilidade do adesivo
Cargas minerais	Aumentar a estabilidade ao calor, anti-chama, diminuir os custos
Solventes	Reducir a viscosidade, aumentar o tack, reduzir o custo.

FONTE: Packham, 1992

Na produção dos revestimentos termoacústicos objeto desta pesquisa, o adesivo a ser usado deve ser aquele que atende as seguintes características:

- a) Poder de colagem: manter colados o painel de lã de vidro e o revestimento quando submetidos à alta temperatura (60 °C);
  
  
  
  
  
- b) Menor custo: baixo preço;  
menor quantidade de adesivo / m<sup>2</sup>;  
maior velocidade de aplicação de adesivo no processo de colagem;

- c) Segurança no uso e no manuseio do adesivo: não ser corrosivo e nem liberar gases tóxicos durante o uso e aplicação;
- d) Menor reação ao fogo: ser incombustível ou gerar baixa propagação de chama e fumaça quando submetidos ao ensaio da norma técnica NBR 9442 (ABNT, 1986).

Neste tipo de produção, os adesivos têm importância fundamental na qualidade do produto final, garantindo principalmente a estética e a durabilidade do painel de revestimento, possibilitando que o filme plástico fique unido ao painel de fibra de vidro por prazo indeterminado.

Os adesivos também influenciam no custo do produto, sendo um custo direto de produção (JUNIOR; OLIVEIRA, 2000), pois são consumidos na produção dos painéis. Além disso, também afetam a velocidade da linha de produção, impactando na produtividade. O consumo de adesivo é um item que pesa em torno de 10% no custo final dos painéis de revestimento, de acordo com a análise de custo de fabricação do processo industrial estudado.

Os solventes usados nos adesivos proporcionam propriedades de desempenho do adesivo. Além de serem usados para dissolver adesivos sólidos e preparar a superfície de colagem, também atuam para controlar o tempo de secagem do adesivo, que é um atributo crítico para a maioria deles. Para Garbelotto (2007) a completa remoção do solvente é essencial para atingir uma ótima eficiência de colagem.

Os adesivos são responsáveis diretos pelas emissões de COV's durante a fabricação dos painéis de revestimento termoacústicos e também pelas emissões provenientes do produto final, gerando impactos e riscos significativos, tanto no local de produção como no local de uso do produto. Outros fatores, tais como o consumo de energia para secagem do adesivo, consumo de água para limpeza da linha de produção e consequente geração de efluentes líquidos, odores durante a fabricação e geração de resíduos sólidos (descarte de embalagens) são condições que merecem atenção e análise num processo que estuda a substituição de adesivos, referenciando-se nos princípios da PML.

Muitas vezes, a mudança de um fornecedor por outro, pela oferta de um adesivo mais barato em relação ao atual, pode significar um ganho econômico, mas também perdas em relação ao meio ambiente e à saúde e segurança operacional. Em um primeiro momento o adesivo alternativo pode se mostrar mais barato, mas, futuramente, seu uso pode se

mostrar muito mais caro em termos ambientais e ocupacionais, por gerar mais odor, emitir mais COV's ou mesmo levar a um maior consumo de água para limpeza da linha de produção.

Como os adesivos têm influência direta na obtenção de um painel de revestimento termoacústico destinado para a construção verde ou sustentável, é preocupação constante da empresa produtora destes painéis atuar para desenvolver processos e produtos mais seguros ao meio ambiente, aos usuários e operadores. Procura-se reduzir ou eliminar a existência de COV's nos adesivos ou reduzir o próprio consumo de adesivos.

### **3.5.1 Aspectos de higiene, saúde, segurança e meio ambiente**

A segurança no trato com adesivos durante a fabricação de painéis termoacústicos envolve o controle dos riscos, tanto para o meio ambiente como para a saúde das pessoas envolvidas na linha de produção, estocagem, aplicação, disposição dos adesivos e também ao usuário dos produtos finais onde ele foi aplicado.

No processo de laminação de revestimentos sobre o painel de fibra de vidro para formação do painel de revestimento termoacústico, os operadores estão expostos a diferentes tipos de substâncias, principalmente aquelas provenientes dos adesivos. Geralmente, são moléculas químicas que não são inertes e podem ser irritantes, tóxicas ou inflamáveis. O conhecimento destas características é importante para se avaliar os riscos e impactos ambientais desta operação.

Como descreve Garbelotto (2007), o conhecimento e o controle da exposição é a primeira regra para a prática de higiene ocupacional quando o objetivo é avaliar o impacto dos solventes nas áreas de produção e aplicação, seja qual for o segmento industrial. Para isso, deve ser conhecida a toxicidade à saúde humana e o potencial de impacto ambiental dos produtos que estão sendo usados nos processos industriais.

Segundo Couvrat (1.992), as mucosas são os tecidos mais sensíveis a ação dos adesivos e solventes, pois estão presentes na boca, nariz e olhos. No que se refere à pele, o contato com adesivos pode causar irritação local ou sensibilização.

Packham (1992) propõe que podem ser definidos os conceitos de saúde e segurança relacionados com o uso de adesivos como:

Saúde: este termo é relacionado com os efeitos que não são imediatos, na qual a exposição de longo prazo pela substância ou processo afeta a saúde dos trabalhadores. Esses efeitos incluem: i) danos ao pulmão, devido à exposição a processos de colagem; ii) danos ao ouvido, devido às condições de ruído do local; iii) perda das funções mucosas, devido à exposição de solventes.

Segurança: diz respeito aos riscos para os trabalhadores envolvendo todos os aspectos do uso dos adesivos. Inclui os riscos: i) primários (ex.: intoxicação por exposição aos solventes), ii) riscos secundários (ex.: danos causados pela ignição explosiva de solventes); iii) danos causados por equipamentos em atividades (ex. prensagem das mãos em rolos pressores).

Ainda segundo Packham (1992), os riscos dos adesivos podem ser divididos em duas categorias: físico-químicos e toxicológicos.

Riscos físico-químicos: diz respeito a inflamabilidade do adesivo e a exposição às substâncias corrosivas ou oxidantes presentes. Riscos por radioatividade e substâncias explosivas não são comumente encontrados. Este autor aponta que vapores emitidos por substâncias inflamáveis podem entrar em ignição e, eventualmente explodirem, quando produzirem misturas com o ar.

Riscos toxicológicos: são inerentes aos adesivos e podem ser classificados como danosos, irritantes e sensibilizantes. Danosos são aqueles associados a produtos que têm potencial para causar prejuízos à saúde e podem apresentar efeitos tóxicos agudos ou crônicos e até levar à morte. A utilização destas substâncias necessita de precauções particulares para evitar que elas penetrem no organismo. Já uma ação irritante para a pele, olhos, mucosas e trato respiratório pode ser de intensidade forte ou fraca. A sensibilização refere-se a uma reação de contato da pele com uma dada substância.

Couvrat (1992) estabelece que um sistema seguro de trabalho com adesivos é basicamente um procedimento formal que se obtém a partir de uma avaliação sistemática das tarefas envolvidas e que identifica todos os riscos relacionados com os trabalhadores e com o meio ambiente. O sistema pensado por Couvrat envolve os seguintes passos:

- avaliação da tarefa;
- identificação dos perigos e riscos, aspectos e impactos ambientais;
- definição dos métodos seguros;
- definição de salva-guardas em caso de emergências;
- implementação do sistema;
- acompanhamento do sistema;
- análise crítica do sistema;
- implementação de melhorias ou ações corretivas e preventivas.

As normas de gestão de meio ambiente NBR ISO 14.001 (ABNT, 2004) e de segurança e saúde ocupacional OHSAS 18.001 (*BRITISH STANDARDS*, 2007) podem ser adotadas como modelos de referência para implantar um sistema seguro de trabalho com adesivos. O processo industrial de laminação de painéis termoacústicos deste estudo de caso é controlado conforme estas normas.

Em consonância com o estipulado por Couvrat (1992), a fabricação de painéis de revestimento termoacústicos adota as seguintes medidas de segurança para minimizar os riscos de toxicidade por absorção oral, cutânea ou inalação:

- procedimentos operacionais no local;
- uso de máscaras e óculos de proteção;
- aspiração e ventilação de locais fechados;
- uso de luvas – borracha ou plásticas resistentes aos solventes do adesivo;
- uso de vestimentas apropriadas;
- limpeza absoluta do local de trabalho e dos equipamentos de aplicação de adesivos;
- transporte de substâncias tóxicas em recipientes fechados hermeticamente;
- separação dos postos de trabalho que usam adesivos diferentes;
- respeito às instruções de trabalho, uso e manuseio de produtos químicos;
- armazenamento das substâncias tóxicas em locais apropriados, ventilados e com contenção para casos de vazamentos ou derramamentos.

No tangente aos aspectos ambientais e aos riscos, um fator importante a ser considerado no uso de adesivos para a produção dos painéis de revestimentos termoacústicos são as substâncias odorantes presentes nas matérias-primas, nomeadamente nos adesivos. De uma maneira geral, a percepção de odores sempre faz parte de uma situação ou processo, provocando as mais diversas reações, tanto em uma única pessoa quanto em toda uma população.

Entre todos os tipos de poluição ambiental, aquela causada por substâncias odorantes são os mais difíceis de regular, pois a qualidade de um odor é considerada como algo subjetivo e, portanto, complexo para legislar (LICCO,2008). Alguns países da Europa, como a Holanda, Reino Unido, França, e Dinamarca e os Estados Unidos já elaboraram normas definindo metodologias que permitam quantificar objetivamente a emissão de odores, relacionando-as com o nível de mal estar que causam às populações (SCHIRMER, 2004).

### **3.5.2 Problemas ligados aos solventes e emissões de COV's**

Como anteriormente mencionado, adesivos a base solvente apresentam riscos à saúde em função dos aspectos tóxicos dos solventes usados, que são geralmente compostos orgânicos voláteis (COV's).

A *United States Environmental Protection Agency (EPA)*, agência de proteção ambiental norte americana, define COV's como sendo qualquer composto de carbono, excluindo-se o monóxido de carbono, dióxido de carbono, ácido carbônico, carbetas metálicos ou carbonatos e carbonato de amônia, os quais participam de reações fotoquímicas na atmosfera, mas também inclui uma lista com dezenas de exceções para compostos que tem baixíssima ou nenhuma reatividade fotoquímica na atmosfera (ASC, 2009).

Na Europa, a definição de COV's está baseada na evaporação destas substâncias para a atmosfera ao invés da reatividade. A diretiva EU 2004/42/CE, a qual engloba as emissões de COV's de tintas e vernizes, define COV's como sendo "qualquer composto orgânico que tem um ponto de ebulição menor ou igual a 250 °C medidos em pressão atmosférica de 101,3 kPa". A diretiva 94/63/EC que regula as emissões de COV's de estocagem e distribuição de combustíveis define vapores como qualquer composto gasoso que evaporam dos combustíveis (ASC, 2009).

No Brasil, a definição de COV's a ser seguida tende a ser a européia, uma vez que o país adota outras referências européias, como a Ficha de Segurança de Produtos Químicos – FISPQ e o Sistema Global Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos – GHS (QUÍMICA E DERIVADOS, 2008).

No Canadá, em função do problema do ozônio troposférico, em 1988 foi criado um plano para gerenciamento das emissões de NOx e COV's pelo *Canadian Council of Ministers of the Environment* (1994). Especificamente para o caso de adesivos, constava na iniciativa V102 deste plano um programa de redução das emissões de COV's de adesivos e selantes em 40% até 1997. Atualmente, não há regulamentação para controlar COV's de adesivos e selantes. Por outro lado, a *Environment Canada* (2010) publicou um documento propondo a renovação da agenda federal para a redução das emissões de COV's dos produtos comerciais e de consumo no período de 2010 a 2020.

Apesar da indústria de adesivos não ser uma das principais emissoras de COV's, ela também sofre pressão das regulamentações (Garbelotto, 2007). Trata-se especialmente de um assunto motivado por regulamentações para proteger o meio ambiente e a saúde ocupacional.

Como propõe Garbelotto (2007), com o aumento destas regulamentações, o consumo de solventes vem diminuindo nos últimos anos e algumas aplicações substituíram os adesivos a base de solvente por tecnologia base água ou *hot-melts*. Novas reduções no consumo de solventes para os adesivos ficarão mais difíceis no futuro, pois atualmente esta tecnologia é usada para aplicações específicas dos adesivos, nas quais alto desempenho é requerido. As tecnologias substitutas ainda não atingiram os pré-requisitos necessários. Por outro lado, existe uma clara tendência de avaliação e substituição dos solventes atuais por outros menos impactantes.

No entendimento de Patrie (2008), a crescente preocupação sobre as emissões de COV's está motivando os formuladores de adesivos a captar e reciclar solventes, reduzir o uso ou modificar os solventes convencionais de adesivos por outros com melhores características ambientais. Ainda segundo Patrie (2008), novos solventes têm sido desenvolvidos para uso no processamento de adesivos, limpeza de equipamentos e remoção de contaminação dos substratos antes da aplicação do adesivo. A principal tecnologia para atingir estes objetivos está no desenvolvimento de solventes orgânicos de origem biológica, como o etil-lactato, que é largamente usado como solvente de limpeza, sendo produzido pela reação de etanol com ácido lático. Já o D-limoneno, que é extraído da casca da laranja, é usado em produtos de limpeza e como fragrância em tintas.

Packham (1992) argumenta que é necessário considerar e separar os dois tipos de solventes utilizados nas operações com adesivos: os solventes usados propriamente nos adesivos e os solventes usados nas operações de limpeza dos equipamentos de aplicação.

No seu entendimento, mesmo com usos diferentes, todos os solventes deveriam ser considerados quando se pensa em saúde no trabalho, em face da possibilidade de danos à saúde pela inalação de vapores e ou pelo contato com a pele. Adesivos com solvente inflamável também podem causar risco adicional de incêndio e explosão.

Packham (1992) ainda aponta que os adesivos a bases de água, a despeito de menos perigosos, podem conter substâncias em quantidades suficientes para tornarem-se produtos perigosos. Por exemplo, alguns tipos de adesivo contêm fungicidas que podem causar danos se inalados ou se entrarem em contato com a pele ou com as mucosas.

Patrie (2008) também cita que nos adesivos à base de água, os solventes estão presentes em conjunto com a água, seja para dissolver ou suspender componentes ou ainda para possibilitar uma formação de filme de adesivo mais eficiente. São chamados de co-solventes.

Existem muitos tipos de solventes com diferentes propriedades físicas e químicas. De uma forma geral, os solventes orgânicos podem ser classificados a partir de sua composição química. Há três tipos de solventes mostrados na tabela 2. Dentre eles, os solventes oxigenados e os hidrocarbonetos são os mais usados. Os solventes halogenados têm sido relegados para aplicações específicas devido ao seu alto custo, nocividade e notoriedade como gases de efeito-estufa (Patrie, 2008).

TABELA 2 - SOLVENTES ORGÂNICOS INDUSTRIAIS MAIS COMUNS

Tipo	Exemplos
Solventes oxigenados	Álcoois, éter-glicóis, cetonas, ésteres e ésteres éter-glicólicos
Solventes hidrocarbonetos	Hidrocarbonetos alifáticos (aguarrás, querosene) e aromáticos (xileno, tolueno)
Solventes halogenados	Hidrocarbonetos clorados, fluorados, bromados (Ex.: cloreto de metila, clorofórmio)

FONTE: Patrie, 2008

Em relação aos problemas ocupacionais com o uso de adesivos, Couvrat (1992) estabelece que os principais riscos associados aos solventes usados na composição dos adesivos e para a limpeza de equipamentos são: incêndio, explosão e intoxicação. Todos são dependentes das quantidades, da forma em que o solvente está presente e das condições ambientais (ventilação, grau de confinamento, umidade, etc.). Em geral, estes riscos podem decorrer devido a vazamentos, derrames acidentais, embalagens defeituosas e evaporação durante o manuseio em locais insuficientemente ventilados.

Em complemento, Licco (2008) aponta que muitos produtos químicos apresentam odores que podem ou não refletir o perigo potencial das substâncias químicas que lhes dão origem. Uma substância altamente odorante, mas relativamente não tóxica, pode estar presente junto com uma substância não odorante, mas altamente tóxica. Portanto, a presença ou ausência de odor não necessariamente indica ausência de risco. Licco (2008) ainda menciona que análises químicas são necessárias para determinar quais os níveis tóxicos que estão presentes em determinado ambiente.

Dentro do que estabelece a norma NBR ISO 14.001 (ABNT, 2004), considerou-se os principais aspectos e impactos ambientais relativos ao uso de adesivos como demonstrados na tabela 3, relativos ao processo industrial de laminação de painéis termoacústicos estudado nesta pesquisa:

TABELA 3 – ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS DOS ADESIVOS

Aspectos	Impactos
Limpeza de equipamentos	Consumo de recurso natural e geração de efluente líquido
Derramamento de adesivo	Contaminação do solo e poluição do ar ambiente por vapores tóxicos
Resíduos sólidos	Contaminação do ar, solo e das águas
Solventes presentes no adesivo	Poluição atmosférica e odores (interna e externa).

FONTE: SGPICT

A tecnologia para substituição de solventes em adesivos é um campo diverso que afeta muitas indústrias. Cada vez mais os adesivos usados nas construções e seus componentes devem ser formulados e usados para atender padrões determinados visando os requisitos estabelecidos nas certificações de edificações como a LEED.

Extance (2009) descreve que na certificação LEED versão 2.2 para novas construções e para renovações de prédios comerciais, os adesivos participam em dois critérios de avaliação: i) qualidade do ar interior e ii) materiais e recursos. Na parte de qualidade do ar interior, a norma pede um valor mínimo de padrão de qualidade do ar como um pré-requisito e oferece um crédito extra se as faixas iniciais de substâncias tóxicas ficarem abaixo de um determinado valor antes da ocupação da edificação.

Ainda dentro do assunto emissões da certificação LEED, Extance (2009) complementa que existem algumas restrições importantes sobre o nível de emissões de

COV's produzidos por adesivos usados nas edificações. Foram baseadas na regra 1168 do Los Angeles Area's South Coast Air Quality Management District que limita emissões pelo controle da quantidade de COV's no adesivo conforme a tabela 4:

TABELA 4 – LIMITES DE EMISSÃO DE COV'S PARA ALGUNS ADESIVOS E APLICAÇÕES

Aplicações do adesivo - arquitetônicas	Limite de emissão de COV – g/L
Adesivos de carpete	50
Adesivos para piso de madeira	100
Adesivo para azulejos cerâmicos	65
Adesivos para gesso acartonado	50
Adesivos para multiuso na construção	70
Adesivo para pisos de borracha	60
Adesivos estruturais para vidro	100
Adesivos para fibras de vidro	80
Adesivos para materiais porosos (exceto madeiras)	50
Adesivos para madeira	30

FONTE: Extance, 2009

No Brasil, no caso de revestimentos termoacústicos, observa-se o início de uma demanda reprimida por produtos que atendam os requisitos estabelecidos para edificações submetidas à certificação LEED, e os adesivos usados na produção destes painéis têm um papel significativo no impacto sobre a qualidade do ar interior das edificações. A indústria produtora de painéis deve empenhar-se não apenas em buscar soluções em adesivos que possibilitem o atendimento dos requisitos do LEED, ou de qualquer outra certificação nas grandes edificações, mas também em estender tal benefício ao usuário ou a construção comum.

### 3.6 AVALIAÇÃO DE ADESIVOS NA PRODUÇÃO DE PAINÉIS TERMOACÚSTICOS

#### 3.6.1 Desempenho do adesivo no processo

Os principais pontos de verificação relativos ao desempenho de um adesivo no processo de laminação para produção de painéis estão relacionados com a especificação técnica do adesivo e o seu desempenho em máquina.

Os itens da especificação do adesivo e seus impactos na linha de produção são aqueles presentes na tabela 5:

TABELA 5 - ESPECIFICAÇÃO E EFEITO DOS ADESIVOS NA PRODUÇÃO DE PAINÉIS

Item	Efeito no processo	Resultado
Viscosidade	Fluidez do adesivo	Cadência de produção
	Fluxo contínuo e uniforme do filme plástico	Velocidade da linha
	Limpeza dos equipamentos	Tempo de parada Geração de efluentes
Teor de sólidos	Tempo de secagem	Tempo de estocagem do produto fina
	Emissões atmosféricas	Condições ambientais da planta
	Pega inicial entre o painel e filme de PVC	Velocidade da linha
	Temperatura do túnel de secagem	Consumo de energia
Solventes/COV's presentes nos adesivos	Emissões atmosféricas	VOC's – ambientais e ocupacionais
	Odor	Condições da planta e entorno
	Tempo de secagem	Tempo de estocagem do produto final
	Pega inicial entre o painel e filme de PVC	Velocidade da linha
Embalagem	Paradas para alimentação de adesivo no processo	Redução na velocidade da linha Produtividade

FONTE: SGPIC

### 3.6.2 Desempenho do adesivo no produto final

As características dos adesivos que influenciam nas propriedades dos painéis de acabamento termoacústicos estão apresentadas na tabela 6:

TABELA 6 - DESEMPENHO DO ADESIVO NO PRODUTO FINAL

Item	Efeito no produto final	Resultado
Coesão do adesivo nos substratos filme+PVC	Resistência ao descolamento	Vida útil do produto Segurança do produto
Resistência à temperatura	Manter o filme unido ao painel quando submetido à temperatura ao longo do tempo	Vida útil do produto
Solventes usados	Emissões atmosféricas e odor	Requisitos ambientais – LEED
	Tempo de secagem do produto no estoque	Prazo de entrega ao cliente
Grupo químico do adesivo	Resistência ao fogo e geração de fumaça	Segurança do produto
Quantidade de adesivo usado	Resistência ao fogo e custo	Segurança do produto Competitividade

FONTE: SGPIC

Numa visão mais ampla relacionada ao uso de adesivos em materiais de construção e focando no bem estar do usuário das edificações, baseado em texto adaptado da instituição *Air Quality Sciences* (2008), verifica-se que na maioria das edificações comerciais, de serviços, públicas e residenciais, a qualidade do ar interior é fundamental para a saúde e conforto de seus usuários. De uma maneira geral, todos os materiais de acabamento emitem substâncias químicas, tais como formaldeído e outros COV's que impactam na qualidade do ar interno. São considerados materiais de acabamento nas edificações:

- os materiais de construção, acabamento e revestimentos incorporados na edificação (forros, selantes, adesivos, carpetes, pisos, etc.);
- os itens decorativos que são parte constituinte de cada ambiente (tintas, carpetes, mobiliários, etc.);
- os equipamentos e utensílios (tais como computadores, copiadoras);
- outros produtos usados regularmente (tecidos, produtos de limpeza, brinquedos, etc.).

Segundo o *Greenguard* (2009), são estabelecidos os seguintes limites de emissão para os materiais de acabamento, de acordo com a norma “*GEI - standard method for measuring and evaluating chemical emissions from building materials, finishes and furnishings using dynamic environmental chambers*”:

TABELA 7 – LIMITES DE EMISSÕES - GREENGUARD

	Isolantes, revestimentos de parede, tintas, matérias de construção em geral, forros, portas, filtros de ar, tecidos, estações de trabalho, paredes móveis	Mesas, componentes de estações de trabalho, revestimentos, cadeiras, fixadores, armários individuais
COV's - individual	≤ 0.1 TLV	≤ 0.1 TLV
Formaldeído	≤ 0.05 ppm	≤ 0.025 ppm
4-Fenilciclohexano	≤ 0.0065 mg/m <sup>3</sup>	≤ 0.0033 mg/m <sup>3</sup>
Estireno	≤ 0.07 mg/m <sup>3</sup>	≤ 0.035 mg/m <sup>3</sup>
COV's - total	≤ 0.5 mg/m <sup>3</sup>	≤ 0.25 mg/m <sup>3</sup>
Aldeídos - total	≤ 0.1 ppm	≤ 0.05 ppm
Partículas respiráveis	≤ 0.05 mg/m <sup>3</sup>	≤ 0.05 mg/m <sup>3</sup>

FONTE: Greenguard Environmental Institute, 2009

A problemática dos COV's nas edificações foi evidenciada em um recente estudo de caso apresentado por Black (2010): nos Estados Unidos, o ar interno de uma residência nova, certificada com um selo *Green Building – Gold* e com apenas seis meses de uso, causou sintomas de gripe e irritação no sistema respiratório dos residentes devido ao odor

presente no ambiente interno da casa. A análise de qualidade do ar interior apresentou mais de 75 diferentes substâncias químicas, principalmente formaldeído, acetaldeído, amônia, glicóis, mercúrio e plastificantes. Os níveis de COV's presentes atingiram 3000 mg/m<sup>3</sup> de ar, quando o limite máximo aceito para este tipo de edificação residencial certificada é de 500 mg/m<sup>3</sup> de ar (BLACK, 2010).

As principais fontes de emissão destes COV's no interior da residência foram identificadas como demonstrado na tabela 8:

TABELA 8: SUBSTÂNCIAS ENCONTRADAS NO AR INTERIOR DE UMA RESIDÊNCIA - EUA

Material	Substância encontrada
Painéis de gesso e lâmpadas	Mercúrio
Materiais isolantes à base de espuma de poliuretano	Glicóis e acetaldeído
Piso de madeira e adesivos	Acetaldeído
Materiais isolantes à base de celulose	Amônia
Acabamentos de cozinha	Formaldeído
Estruturas de cama feitas com bambu	Formaldeído
Luminárias	Plastificantes

FONTE:

As fontes mais relevantes da geração do alto nível de COV's foram os acabamentos do piso de madeira, os móveis de cozinha e o isolamento a base de poliuretano.



FIGURA 3 : Amostra de poliuretano sendo testada em câmara  
FONTE: Black (2010) - Greenguard Institute

### 3.6.3 Aspectos e impactos ambientais gerados pelo uso industrial de adesivos

Os principais aspectos e impactos ambientais associados ao uso de adesivos no processo de produção de painéis termoacústicos são apresentados na tabela 9:

TABELA 9 - ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS NA PRODUÇÃO DE PAINÉIS

Aspecto	Impacto
Emissão atmosférica no processo – VOC's	Poluição do ar interno e externo
Embalagens vazias de adesivo	Poluição: resíduo sólido
Secagem do adesivo	Consumo de energia Poluição atmosférica
Vazamento de adesivo	Contaminação do solo Poluição: resíduos sólidos – material de limpeza Poluição: efluentes líquidos – limpeza
Limpeza de equipamentos	Poluição: geração de efluentes líquidos Consumo de recurso natural - água

FONTE: SGPIC

### 3.6.4 Perigos e Riscos

Do ponto de vista da segurança e saúde ocupacional, os principais perigos e riscos relativos ao uso de adesivos no processo de produção de painéis termoacústicos deste estudo são (tabela 10):

TABELA 10 - PERIGOS E RISCOS NA PRODUÇÃO DE PAINÉIS

Perigos	Riscos
Inalação de VOC's	Irritação das mucosas, intoxicação dos operadores
Manuseio de adesivos	Irritação da pele e mucosas
Secagem do adesivo	Queimaduras
Operação dos equipamentos	Acidentes – corte, queda, fratura, ergonomia

Fonte: SGPIC

### 3.6.5 Avaliação das emissões dos adesivos

As emissões de COV's provenientes de adesivos usados no processo de laminação dos painéis em estudo determinam as condições operacionais da linha de produção, principalmente para controle dos aspectos e impactos ambientais e dos perigos e riscos deste processo. A etapa de secagem e formação do filme adesivo é regida pela evaporação de água e dos solventes/COV's contidos nos adesivos. É a evaporação destas substâncias

que vai gerar a eventual degradação da qualidade do ar no interior da fábrica e a poluição atmosférica.

Neste caso, faz-se necessário conhecer quais os solventes que estão contidos no adesivo, mesmo sendo base água e como eles evaporam durante o processo. Trata-se de um mecanismo complexo, como considera Garbelotto (2007), indicando que um dos trabalhos mais difíceis na formulação dos sistemas que usam solventes é a determinação de como a composição e as propriedades do filme resultante mudam durante a fase de evaporação.

Ainda segundo Garbelotto (2007), controlar e conhecer a exposição dos COV's são os principais pilares para a avaliação sustentável dos riscos relativos à exposição dos trabalhadores a estas substâncias.

Dentro do que se espera para a aplicação de produção mais limpa e as melhorias nos produtos destinados para a construção sustentável, é fundamental identificar, analisar, quantificar, manter, substituir ou eliminar substâncias presentes nas matérias-primas ou nos produtos acabados que venham a ser nocivas aos trabalhadores, usuários dos produtos e ao meio ambiente.

Devido ao comportamento não-ideal das misturas de solventes, o comportamento dos solventes durante a evaporação no processo é difícil de ser previsto. A taxa de evaporação também é afetada por diversos fatores, como temperatura do processo, umidade relativa do ar no local, a área superficial do adesivo aplicado disponível para evaporação, para transferência de massa e calor. Modelos computacionais podem ser necessários para este tipo de estudo (GARBELOTTO, 2007).

Uma das fontes de informação para identificar os solventes contidos nos adesivos usados no processo em estudo é a Ficha de Segurança de Produtos Químicos regida pela NBR 14725 (ABNT, 2010), que é uma declaração do fornecedor de produtos químicos e deve conter informações sobre os solventes/COV's presentes na composição (identificação das substâncias, quantidade, entre outras).

No processo de fabricação de painéis de acabamento termoacústicos, os adesivos usados são líquidos. Todo líquido tem como propriedade a tendência à evaporação. A tendência das moléculas se separarem da fase líquida do adesivo para a fase gasosa é medida pela pressão de vapor.

A pressão de vapor de uma espécie é uma medida de sua volatilidade: quanto maior a pressão de vapor a uma determinada temperatura, maior a volatilidade da espécie nesta temperatura (FELDER, ROUSSEAU, 2005). Quando se eleva a temperatura de um líquido, tal tendência aumenta. Conforme Garbelotto (2007), a evaporação de um solvente puro ocorre em função da pressão de vapor do solvente. Quando outra substância está presente (uma resina ou outro solvente) ocorre uma alteração no tempo de evaporação devido à interação entre solventes ou entre o filme e solvente.

No processo de laminação, as substâncias contidas no adesivo tendem a volatilizar, de acordo com a temperatura a que o adesivo for submetido durante o processo. Conhecendo-se as substâncias presentes no adesivo, é possível estimar quais são as mais voláteis e, por consequência, as que serão causadoras potenciais de emissões de COV's para o ambiente interno e externo. Geralmente, os valores de pressão de vapor das substâncias químicas são tabelados e podem ser calculados pela equação (1) de Antoine (FELDER, ROUSSEAU, 2005):

$$\log_{10} p^* = A - B / (T + C) \quad (1)$$

Onde:

$p^*$  = pressão de vapor – mm Hg

A, B, C = valores tabelados

T = temperatura – °C

Devido ao aumento da pressão de vapor, espera-se que a maior concentração das emissões de COV's no processo de fabricação do revestimento ocorra durante a passagem do filme de PVC impregnado com adesivo pelo túnel de secagem, devido a sua temperatura de operação encontrar-se entre 50 e 80 °C.

Outra forma de conhecer os possíveis COV's contidos nos adesivos é através da caracterização de uma amostra do adesivo por meio de cromatografia gasosa. Segundo Garbelotto (2007), a cromatografia gasosa é a técnica de maior aplicação para análise de solventes, sendo útil para separar, caracterizar e quantificar os componentes e impurezas orgânicas presentes nos solventes. A identificação dos componentes é feita através do tempo de retenção obtido para um determinado composto injetado no cromatógrafo comparando-o contra os padrões puros dos componentes.

A análise de solventes em um equipamento de cromatografia gasosa acoplado a outro de espectrometria de massas, técnica conhecida como GC-MS ou CG-EM, resulta na obtenção de um espectro de massas que permite caracterizar espectroscopicamente o composto correspondente a um determinado pico. A vantagem desta técnica em relação à cromatografia gasosa convencional está na análise qualitativa dos componentes da mistura de solventes através da obtenção de seus respectivos espectros de massa. Tal condição possibilita o uso da GC-MS para misturas complexas, as quais são muito difíceis de ter seus componentes checados contra os padrões conhecidos da GC convencional (GARBELOTTO, 2007).

Uemoto, Ikematsu e Agopyan (2004) usaram a GC-MS para caracterizar os COV's em tintas imobiliárias e conseguiram identificar os diversos COV's gerados por evaporação durante a secagem de tintas látex, esmaltes sintéticos, vernizes e solventes. Os resultados deste estudo confirmaram que o processo de secagem das tintas emite substâncias nocivas ao homem e ao meio ambiente.

### **3.6.6 Balanço de massa**

As técnicas usadas para avaliação de emissões evaporativas podem ser baseadas em cálculos teóricos da determinação da taxa de emissão dos solventes (balanço de massa e modelos computacionais) ou por medições diretas (coletas dos compostos e posterior análise). O método a ser utilizado depende dos dados e recursos disponíveis bem como o grau de exatidão requerido na estimativa (SCHIRMER, 2004).

O balanço de massa mostrou-se um método de estimativa simples e possível de ser usado para análise das emissões no processo de produção de painéis deste estudo de caso, baseado na taxa de entrada e saída do adesivo no processo de laminação. Conhecendo-se a concentração dos COV's presente nos adesivos, é possível calcular as emissões em cada etapa do processo. É uma técnica perfeitamente aplicável para comparação de adesivos a que este estudo se propõe, pelos recursos disponíveis na empresa, pela exatidão requerida e pela facilidade de confirmação de resultados por medição direta.

O balanço de massa vem sendo usado para avaliação das emissões de COV's em diferentes processos industriais. Como exemplos, Pereira *et al.* (2004) usaram esta técnica

para avaliar a emissão de COV's em uma unidade de pintura automotiva. Já o Departamento de Qualidade Ambiental do Estado do Michigan (2005), nos Estados Unidos, fornece um roteiro para estimar as emissões de COV's através de balanço de massa para as indústrias que trabalham com pintura.

### **3.6.7 Avaliação do odor**

Toda a atividade sócio-econômica envolve compostos químicos que tem potencial para gerar odores. O odor pode tornar-se incomodativo em função da sua intensidade e permanência, mesmo para aqueles que, a princípio, sejam agradáveis (ex.: churrascaria). Outras atividades são altamente incomodativas, como a atividade de tratamento de esgoto (LICCO, 2008).

Odores são percebidos pela estimulação química dos receptores sensoriais que detectam substâncias químicas inaladas e que se dissolvem no muco existente no epitélio olfativo localizado na parte superior das cavidades nasais do nariz humano. Dependendo do tempo de exposição, intensidade e caráter do odor, as respostas a exposição podem variar de um simples desconforto até uma reação alérgica, dor de cabeça, náusea ou vômito. As moléculas dos compostos odorantes que não ficaram retidas no sistema olfativo continuam em seu movimento, junto com o ar, para dentro do sistema respiratório, podendo ser absorvidas nos pulmões e transferidas para o sangue e todo o corpo. Dependendo da quantidade absorvida e das características toxicológicas destes compostos, pode causar danos à saúde (LICCO, 2008).

A percepção olfativa de odor varia de pessoa para pessoa. A resposta para um determinado odor é subjetiva e diferentes pessoas percebem os odores de forma variada e em diferentes concentrações (SCHIRMER, 2004).

Na produção de revestimentos estudada nesta pesquisa, os odores são consequência dos COV's liberados a partir dos adesivos usados no processo de colagem do filme plástico sobre o painel de fibra vidro.

Como explica Licco (2008), para ser odorante, um composto deve ser parcialmente solúvel em água, apresentar alta pressão de vapor, baixa polaridade, apresentar solubilidade em gordura, ter atividade superficial e massa molecular entre 30 e 300 g/gmol.

As moléculas mais pesadas têm baixa pressão de vapor à temperatura ambiente para atuar como odorante. A tabela 11 apresenta os principais grupos funcionais típicos das substâncias odorantes:

TABELA 11 - GRUPOS DE CLASSIFICAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS ODORANTES

Hidrocarbonetos	Compostos oxigenados	Miscelâneas
Aromáticos	Ésteres	Ácidos
Polaromáticos	Aldeídos e Cetonas	Lactonas
Halogenados	Álcoois e Fenóis Óxidos	Compostos de enxofre Compostos de nitrogênio

FONTE: LICCO, 2008

Os principais componentes odorantes presentes nos adesivos usados no processo podem pertencer aos grupos funcionais químicos típicos odorantes, conforme apresentada na tabela 12.

TABELA 12 - GRUPOS FUNCIONAIS EM MOLÉCULAS ODORANTES

Grupo funcional	Classe do composto	Fórmula	Exemplo
Hidroxil - OH	Álcoois	R-O-R'	Etanol
Carbonil - CHO	Aldeídos	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{H} \end{array}$	Aldeído acético
Carbonil - CO	Cetonas	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{R}' \end{array}$	Acetona
Carboxil	Ácido carboxílico	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{OH} \end{array}$	Ácido acético
Amino – NH <sub>2</sub>	Aminas	R-NH <sub>2</sub>	Metilamina
Sulfidril - SH	Tióis	R-S-H	Metilmercaptana

FONTE: LICCO, 2008

Schiffman, Willians (2005, apud LICCO 2008, p.25) definem ao menos três mecanismos pelos quais os odores podem causar efeitos sobre a saúde:

- pela exposição a compostos odorantes em níveis de concentração que podem causar irritação ou outros efeitos toxicológicos. A irritação ou os outros sintomas são devidos ao agente odorante e o odor (sensação) é apenas um identificador de exposição;

- pela exposição ao odorante em concentrações não irritantes, mas que podem ser oriundas de aversões inatas ou aprendidas;
- os sintomas podem ocorrer devido a um co-poluente que é parte de uma mistura odorante.

Em termos de legislação sobre odores, o Ministério do Trabalho, através da Norma Regulamentadora 15 determina quais são os agentes químicos cuja insalubridade é caracterizada pelo limite de tolerância e inspeção no local de trabalho (ATLAS, 2005). Não há legislação nacional específica para odores. Em São Paulo, o decreto estadual 8.468 de 8 de setembro de 1976 estabelece a proibição da emissão de substâncias odoríferas na atmosfera, em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites da área de propriedade da fonte emissora (SCHIRMER, 2004).

### **3.6.8 Limpeza dos equipamentos**

No processo de fabricação estudado, a limpeza dos equipamentos de laminação é feita com água, por ser o solvente usado nos adesivos. Toda a água usada na limpeza é recolhida e armazenada em reservatórios de 1000 L e estes são destinados para tratamento interno (ETE) ou externo, através de coleta por empresa especializada em tratamento de efluentes industriais.

### **3.6.9 Resíduo sólido proveniente do uso de adesivo**

Os resíduos sólidos gerados no processo de colagem são as embalagens usadas dos adesivos, o material usado na limpeza (estopas) e as eventuais aparas geradas no processo (painéis de fibra de vidro e material de revestimento). No caso das embalagens de adesivos, a empresa caso estudo desta pesquisa adota junto aos fornecedores o uso de containeres retornáveis, eliminando o descarte de embalagens. Os demais resíduos sólidos são separados em caçambas apropriadas e destinados para a reciclagem ou tratamento externo.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Tipo da pesquisa: trata-se de pesquisa experimental, desenvolvida em escala real de produção de uma linha de laminação de filme plástico sobre painéis de fibra de vidro, visando comparar aspectos econômicos, de qualidade, ambientais e ocupacionais associados à substituição de adesivo tradicionalmente utilizado no processo e identificado como adesivo A (uma dispersão aquosa de EVA) por outros economicamente mais atraentes, identificados como adesivo B e adesivo C (ambos sendo emulsão aquosa de copolímero vinílico). A empresa é uma fabricante tradicional de painéis termoacústicos, que vivencia um processo decisório de substituição da matéria-prima adesivo.

A figura 4 apresenta o plano de avaliação dos adesivos adotados neste estudo. A caracterização dos COV's nas análises em laboratório e o balanço de massa, emissão de COV's e avaliação do odor no teste industrial foram adotadas nesta pesquisa, pois não são práticas regularmente adotadas pela empresa.

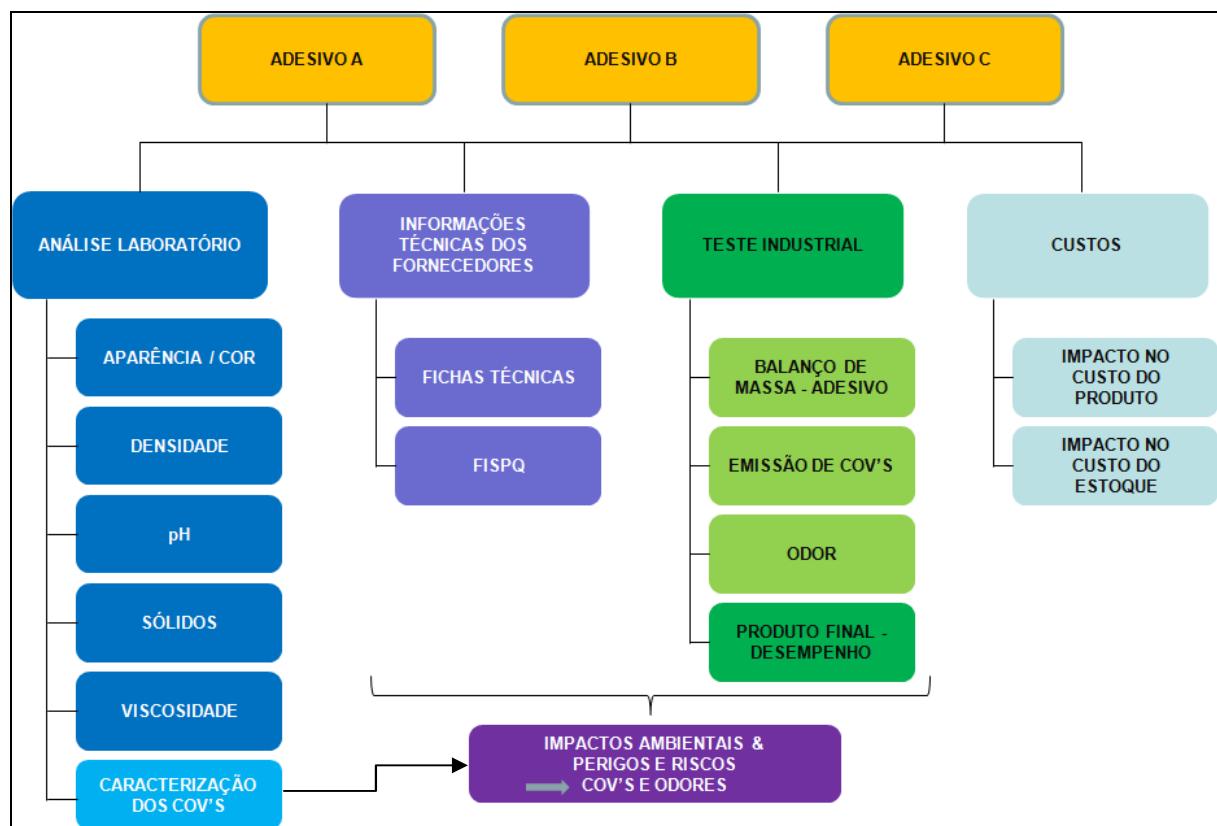


FIGURA 4: PLANO DE AVALIAÇÃO DOS ADESIVOS

#### 4.1 A EMPRESA

A empresa em estudo é fabricante de materiais destinados para tratamento térmico e acústico em seus diversos usos nas indústrias e na construção civil. Possui 4 conjuntos de laminadoras para produção de materiais de acabamento termoacústico para diferentes condições de produção, sendo que apenas uma linha de laminação é completa para produção de painéis, sendo constituída de coleiro, conjunto de alimentação de filme, estufa de secagem de adesivo, cilindros laminadores, esquadradeira, alimentadora de painéis e embaladeira. A avaliação dos adesivos foi feita nesta linha de produção.

Todos os processos de laminação usam adesivos, que variam de acordo com o tipo de produto que será fabricado e do tipo de laminação. Os mais comuns são à base de silicato de sódio, de PVA e de EVA.

A empresa tem seu sistema de gestão da qualidade, meio ambiente e saúde e segurança certificados pelas normas NBR ISO 9001, NBR ISO 14.001 E OHSAS 18.001.

A figura 5 apresenta o detalhe da linha de produção de painéis (laminadora).



FIGURA 5: LAMINADORA

FONTE: SGPICT

## 4.2 ROTINA DE AVALIAÇÃO DOS ADESIVOS PELA EMPRESA

A avaliação de um adesivo segue uma rotina operacional da empresa que vai desde a abordagem do fornecedor junto ao departamento de compras até a validação do produto após um teste em produção. A figura 6 ilustra a rotina de avaliação de um adesivo.

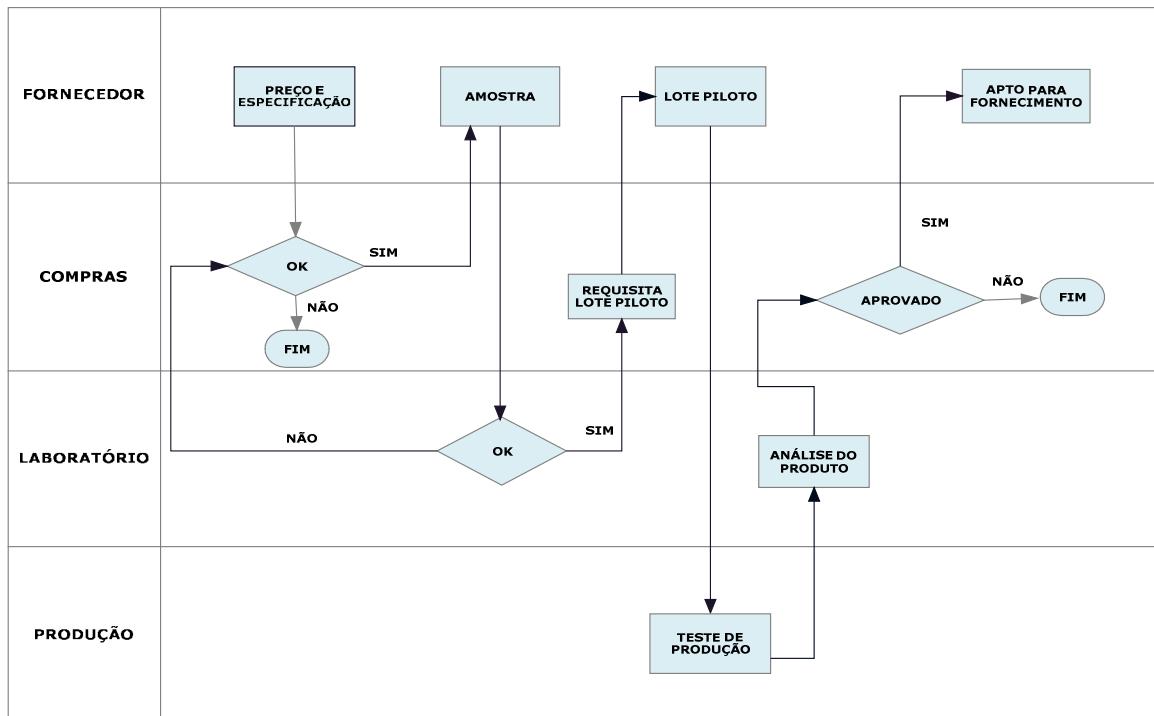


FIGURA 6: ROTINA DE AVALIAÇÃO DO ADESIVO

O processo sempre inicia no setor de compras, que avalia se as condições comerciais para fornecimento e especificação do produto atendem aos requisitos da empresa. Se atenderem, uma amostra é solicitada ao fornecedor e enviada para verificação no laboratório, que fará uma análise das principais propriedades do produto (conforme descrito a seguir no item 5.3). Se aprovada, um lote-piloto de adesivo é solicitado ao fornecedor para teste em escala real de produção. Nesta fase é feita a análise da FISPQ – Ficha de segurança de produtos químicos, quando são avaliadas as características do adesivo, os principais aspectos e impactos ambientais e os perigos e riscos relativos ao produto.

Por procedimento interno, o lote-piloto do adesivo fornecido para o teste na produção deve vir acompanhado de um certificado de análise, comprovando as propriedades do produto. Nesta fase não são feitos novos ensaios do adesivo em laboratório. Os testes são realizados na linha de fabricação e somente o painel revestido produzido com o novo

adesivo é testado em laboratório. Se for aprovado, é dada a confirmação do novo produto e o do fornecedor para o setor de compras, que os qualifica como aprovados para a empresa.

### 4.3 MÉTODO

#### 4.3.1 Análise dos adesivos em laboratório

Para caracterização do adesivo em laboratório tomaram-se amostras de cada lote de adesivo, sendo dedicadas 20 g de adesivo para GC-MS e 200 g de adesivo para os demais ensaios de laboratório.

a) Recebidas as amostras dos adesivos que serão testados na linha de produção, realizou-se previamente uma análise em laboratório para verificar a conformidade do produto fornecido com as especificações originais da empresa. Somente com a aprovação e conformidade desta verificação em laboratório é que pode ser fornecido um lote piloto para teste na linha de produção.

Nesta fase, realizaram-se os seguintes testes de laboratório:

- Aparência: verificou-se o aspecto do adesivo, quanto à uniformidade da dispersão ou da emulsão, ausência de separação das fases líquidas, ausência de pontos que indiquem contaminação ou sujeira e características do odor.

- Cor: verificou-se a cor do adesivo, que é branco.

- Sólidos: verificou-se a quantidade percentual de material sólido após a secagem de 2 gramas de adesivo em uma estufa a 150 °C por 2 horas.

Calculou-se o teor de sólidos do adesivo através da equação 2:

$$TS = (m_2 / m_1) \times 100 \quad (2)$$

Onde:

TS= teor de sólidos;

$m_1$ = massa do adesivo antes da secagem

$m_2$ = massa do adesivo após secagem

- Densidade aparente: usou-se um picnômetro.

- pH: mediu-se o pH do adesivo com um medidor de pH de bancada modelo PG 1800.

- Odor: percepção do analista através de comparação do adesivo em análise com o adesivo padrão.

- Viscosidade: mediu-se em viscosímetro do tipo Brookfield RVT, com fuso 5 e rotação 20, com a amostra a ser verificada a 25 °C.

b) Também se submeteram amostras dos adesivos a uma análise por cromatografia gasosa e espectrofotometria de massa para identificar as substâncias voláteis presentes nos adesivos fornecidos. Esta análise objetivou-se em comprovar se as informações contidas nas FIS PQs são coerentes com o encontrado nas análises.

Utilizou-se a técnica *headspace*, com cromatografia gasosa e espectrometria de massa (GC-MS). A análise foi feita em laboratório externo, em paralelo aos demais testes e avaliações conduzidas na empresa.

Esta análise não é usualmente adotada pela empresa. Foi introduzida no estudo de caso para caracterização dos COV's emitidos pelos adesivos. Os ensaios foram realizados no Instituto de Química da Universidade de São Paulo.

O *headspace* é uma técnica para analisar substâncias em baixas concentrações presentes num composto através de cromatografia gasosa (BRAITHWAITE; SMITH, 1.996). De forma simplificada, o *headspace* é a fase aérea ou gasosa presente no interior de um tubo cromatográfico gerada pelo aquecimento de uma amostra (figura 7).

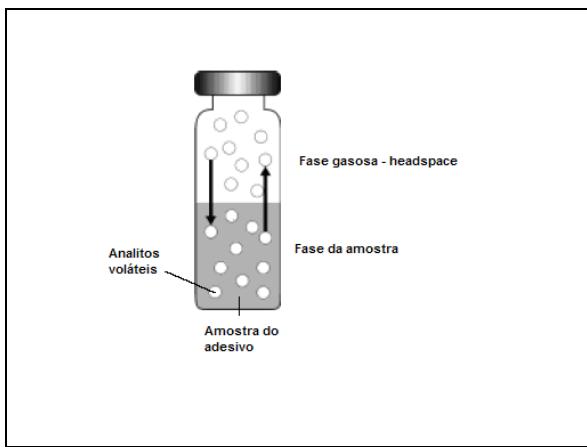


FIGURA 7: Headspace  
FONTE: SMI-Labhut Ltd

O procedimento desta técnica consiste em aquecer uma determinada massa da amostra depositada dentro de um tubo selado com septo de silicone por um determinado tempo. A fase aérea formada a partir da amostra pode ser coletada por uma seringa específica para coletar amostras gasosas ou por amostradores automáticos. O material coletado é injetado diretamente no equipamento GC-MS permitindo caracterizar a mistura contida na fase aérea (GARBELOTTO, 2007).

Para o teste, colocou-se uma amostra de adesivo de 5 g em uma ampola de 30 mL e submeteu-se a mesma para um aquecimento a 80°C. Coletaram-se os gases liberados e injetou-se a composição no equipamento de CG-MS.

#### Condições do ensaio:

- Cromatógrafo usado: SHIMADZU QP-5050 A
- *Headspace sampler*: SHIMADZU HSS 4A
- Coluna do cromatógrafo: DB-5: 30 m x 0,25 mm, 5% polar
- Gás de arraste: hélio
- Rampa de temperatura: início 40°C, durante 3 minutos, velocidade de aquecimento 5 °C/minuto até 250°C, durante 5 minutos.
- Identificação do espectro de massa: bibliotecas NIST 107, NIST 21 e WILLEY 229 disponíveis no programa CLASS 5000.

#### **4.3.2 Informações técnicas dos fornecedores - dados químicos, físicos e toxicológicos dos adesivos**

O levantamento dos dados físicos, químicos e toxicológicos dos adesivos testados realizou-se pela análise das fichas de segurança (FISPQ) que acompanham os produtos fornecidos.

A ficha técnica é um documento emitido pelo fornecedor do adesivo a ser testado. Contém as informações básicas para caracterizar o adesivo e permitir sua comparação com o produto que vem sendo usado.

A FISPQ contém as informações sobre as propriedades físicas e químicas do adesivo, de segurança, uso, manuseio e armazenagem do produto, bem como os primeiros socorros e medidas de emergência a serem tomadas em caso de acidentes ambientais ou envolvendo pessoas.

#### **4.3.3 Identificação dos aspectos e impactos ambientais, perigos e riscos**

A identificação dos aspectos e impactos ambientais associados ao processo fez-se junto à linha de produção seguindo os procedimentos internos da empresa, norteados pela norma NBR ISO 14.001. A identificação dos perigos e riscos foi feita identicamente e baseou-se nos requisitos propostos pela norma OHSAS 18.001. A empresa tem seu sistema de gestão ambiental e de segurança e saúde ocupacional certificados de acordo com estas normas, respectivamente.

Para os aspectos e impactos ambientais, avaliaram-se cada aspecto e impacto ambiental relacionado ao uso dos adesivos. Fez-se uma pontuação para cada um deles, seguindo 5 critérios:

a) legislação ou controle restritivo:

- . 3 pontos: se existir legislação ou norma para controle do aspecto e do impacto ambiental;
- . 1 ponto: se não existir controle por legislação ou norma;

b) probabilidade e freqüência de ocorrência do aspecto e impacto:

- . 3 pontos: se o evento ocorrer de forma contínua e persistente;
- . 2 pontos: se o evento ocorrer de forma esporádicas e dispersa;
- . 1 ponto: se não há ocorrências do evento registradas.

c) a abrangência do impacto:

- . 3 pontos: expande-se para fora do perímetro da fábrica;
- . 2 pontos: fica restrito ao perímetro da fábrica
- . 1 ponto: fica restrito apenas ao local onde ocorre o evento.

d) severidade dos impactos:

- . 3 pontos: causam danos irreversíveis à vida animal / vegetal;
- . 2 pontos: causam danos irreversíveis ao meio físico, sem causar danos à vida animal / vegetal;
- . 1 ponto: não comprometem ou comprometem de forma reversível no curto prazo (até 01 ano).

e) partes interessadas afetadas pelos aspectos e impactos ambientais (acionistas da empresa, trabalhadores, comunidade, clientes, fornecedores, usuários dos produtos, poder público):

- . 3 pontos: quando há reclamações ou requisitos das partes interessadas;
- . 1 ponto: quando não há reclamações ou requisitos das partes interessadas

De acordo com a soma da pontuação dos 5 itens, leva-se a classificação do aspecto e impacto como significativo (soma maior ou igual a 8) ou não significativo (soma entre 1 e 7):

Da mesma maneira, também foi feita uma pontuação dos perigos e riscos envolvidos com o uso de adesivos, seguindo os mesmos critérios para os aspectos e impactos ambientais.

Para a classificação dos perigos e riscos considerou-se para o item severidade as seguintes pontuações:

- . 3 pontos: se o potencial de dano for extremamente prejudicial, tais como amputações, fraturas, envenenamento, ferimentos múltiplos, ferimentos fatais, câncer ocupacional, outras doenças graves que diminuem a vida ou fatais;
- . 2 pontos: se o potencial de dano for prejudicial, tais como lacerações, queimaduras, concussão, torções sérias, pequenas fraturas, diminuição da capacidade auditiva, dermatite, disfunções dos membros superiores relacionadas com o trabalho, problema de saúde levando a uma incapacidade permanente de pequeno porte;
- . 1 ponto: se o potencial de dano for levemente prejudicial, tais como ferimentos superficiais, pequenos cortes e contusões, irritação dos olhos, pele, nariz ou garganta, incômodo, algum problema de saúde levando a um desconforto temporário.

Outra diferença é que o resultado da somatória classifica o riscos como toleráveis (1 até 7 pontos) ou não toleráveis (acima de 8 pontos).

A avaliação dos aspectos e impactos ambientais classificados como significativos e os perigos e riscos ocupacionais classificados como não toleráveis são tratados pela empresa através de um plano de ação para eliminá-los ou reduzi-los para não significativos ou toleráveis, respectivamente.

#### **4.3.4 Teste industrial**

A pesquisa no processo industrial desenvolveu-se a partir da produção de 3 lotes de 180 peças de painéis revestidos com filme plástico, seguindo o processo de laminação adotado pela empresa. Para a produção de cada lote utilizou-se 20 Kg de cada adesivo, equivalente a 10 minutos de produção. Objetivou-se a comparação de dois adesivos novos em relação ao adesivo tradicionalmente usado no processo tendo como parâmetros de comparação a qualidade do produto final, aspectos e impactos ambientais, riscos e perigos ocupacionais.

Para verificação da qualidade do produto final e, conseqüentemente, do adesivo, avaliou-se 1 lote de inspeção constituído por 18 peças retiradas dos lotes produzidos com os 3 diferentes adesivos (18 amostras para cada adesivo). Os 18 painéis de fibra de vidro usados para o lote de inspeção tiveram a sua massa determinada antes do processo de laminação, ou seja, sem revestimento e sem adesivo. Logo após o processo de laminação,

pesou-se novamente o produto final. A diferença de massa resultante foi usada no balanço de massa do processo.

Para cada lote de inspeção fez-se uma amostragem dois dias após a produção, ou seja, após a secagem completa do adesivo usado. Realizou-se ensaios em laboratório seguindo os procedimentos de controle de qualidade normalizados pela empresa. A empresa é certificada pela norma NBR ISO 9001 (ABNT, 2008).

A figura 8 descreve o roteiro das produções e avaliações de cada produto:

	ADESIVO A	ADESIVO B	ADESIVO C
Tempo de produção	10 minutos	10 minutos	10 minutos
Lote produzido	180 peças	180 peças	180 peças
Consumo de adesivo	20 Kg	20 Kg	20 Kg
Avaliação durante a produção	Odor	Odor	Odor
	Condições de processo	Condições de processo	Condições de processo
	Limpeza da linha	Limpeza da linha	Limpeza da linha
	↓	↓	↓
Lote de inspeção	18 peças	18 peças	18 peças
Avaliação no laboratório	Aspecto do produto final	Aspecto do produto final	Aspecto do produto final
	Descolamento do filme	Descolamento do filme	Descolamento do filme
	Massa de adesivo aplicada por painel	Massa de adesivo aplicada por painel	Massa de adesivo aplicada por painel
	Reação ao fogo	Reação ao fogo	Reação ao fogo

FIGURA 8: AVALIAÇÃO DOS ADESIVOS

A figura 9 demonstra o critério adotado para a verificação de cada adesivo e o tipo análise feita com as amostras coletadas do lote de inspeção. Seguiu-se o método de amostragem já adotado pela empresa, referenciado por histórico de experiências similares já realizadas:

- Aspecto do produto final: 100% do lote de inspeção (18 peças);
- Quantidade de adesivo no produto final: 100% do lote de inspeção (18 peças) – logo após o processo de laminação;
- Descolamento do filme: 1 peça aleatória do lote de inspeção – ensaio destrutivo;
- Reação ao fogo: 5 peças aleatórias do lote de inspeção – ensaio destrutivo.

LOTE PRODUZIDO	180 PEÇAS			
LOTE DE INSPEÇÃO	18 PEÇAS	Obs.: os painéis de fibra de vidro deste lote são pesados antes de receberem o filme plástico no processo		
AMOSTRAS	ASPECTO 18 PEÇAS NÃO DESTRUTIVO	MASSA DE ADESIVO NA PEÇA 18 PEÇAS NÃO DESTRUTIVO	DESCOLAMENTO 1 PEÇA DESTRUTIVO	REAÇÃO AO FOGO 5 PEÇAS DESTRUTIVO

FIGURA 9: MÉTODO DE VERIFICAÇÃO PARA CADA ADESIVO

#### 4.3.4.1 Balanço de massa para verificação das emissões

Baseado em Recklaitis (1998), o balanço de massa do processo de laminação do filme plástico no painel de fibra de vidro ocorre como mostrado no fluxograma da figura 10.

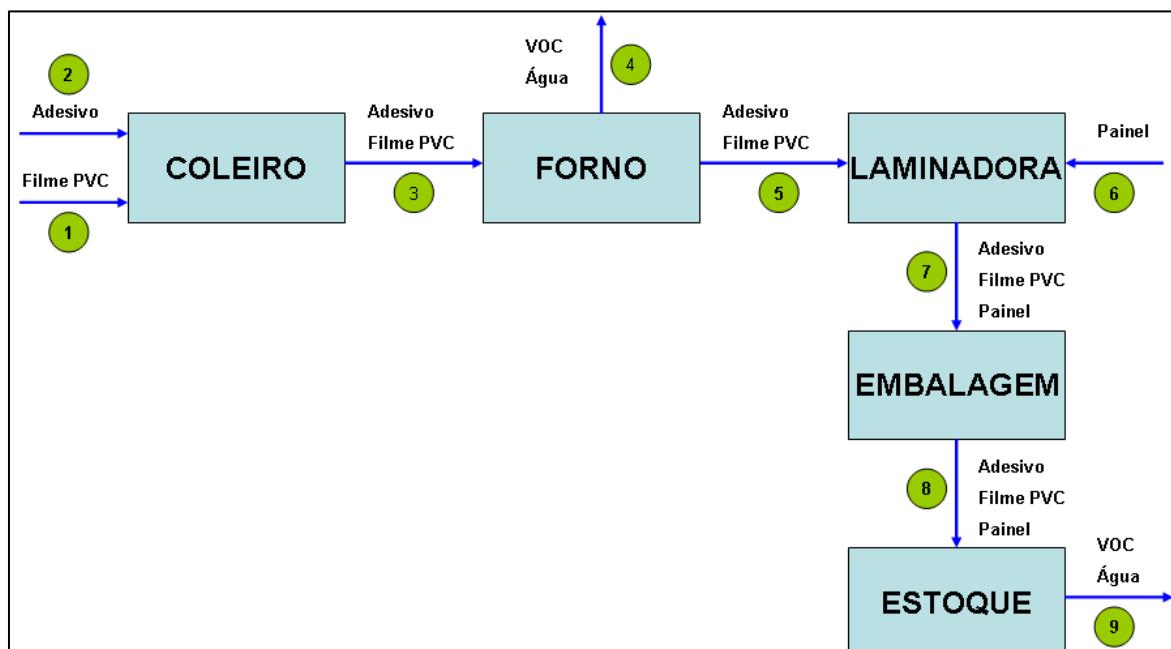


FIGURA 10: FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE LAMINAÇÃO

As correntes indicadas pelas setas numeradas indicam as entradas e saídas dos materiais em cada etapa do processo. As quantidades de entrada de filme e adesivo são constantes. As entradas dos painéis são variáveis, pois o peso de cada peça alimentada é variável. Os valores são determinados através de pesagem em balança comum de laboratório.

Este estudo fixou-se na avaliação das emissões geradas durante o processo de laminação, ou seja, as emissões identificadas na corrente 4 do fluxograma do processo. São as emissões que afetam diretamente o local de trabalho causando impactos ambientais e expondo os trabalhadores aos riscos destas emissões. Determinou-se a quantidade de COV's evaporada na corrente 4 através do cálculo da diferença de massa dos painéis (equações 3 a 6), como mostra o balanço abaixo, com vazões expressas em  $\text{kg/m}^2$  produzido:

$$\text{Massa do filme plástico} = \text{constante (0,110 kg/m}^2 \text{ ou 0,0845 Kg/peça)} - m_f$$

$$\text{Massa de adesivo aplicado} = \text{constante (0,050 kg/m}^2 \text{ ou 0,0384 Kg/peça)} - m_a$$

$$\text{Massa do painel} = \text{pesado em balança} - m_p$$

$$P_1 = \text{massa total do conjunto} = m_f + m_a + m_p \quad (3)$$

$$P_2 = \text{massa total do conjunto após secagem do adesivo} = \text{pesado em balança}$$

$$R_a = \text{massa de adesivo no painel após secagem} = P_2 - m_p - m_f \quad (4)$$

$$E_{cov} = \text{quantidade evaporada do adesivo no processo} = m_a - R_a \quad (5)$$

$$E\% = \% \text{ evaporado do adesivo no processo} = (E_{cov} / m_a) \times 100 \quad (6)$$

#### 4.3.4.2 Avaliação do odor durante a produção

Fez-se uma avaliação qualitativa do odor foi feita junto à equipe de operadores que trabalha na linha de produção.

Para esta avaliação, utilizou-se o método sensorial afetivo (SGS, [2005?]) como referência, e objetivou-se avaliar a aceitação e preferência dos operadores da linha de produção em relação aos adesivos novos e o usual.

Com o teste de aceitação demonstrou-se o quanto os operadores gostaram ou não dos adesivos e com o teste de preferência demonstrou-se qual adesivo os operadores preferiram.

Durante os testes de produção, realizaram-se entrevistas com operadores que trabalham na linha de produção para buscar identificar, na percepção deles, qual o adesivo era menos agressivo em relação ao odor emitido durante o processo de fabricação, qual eles mais gostaram ou desgostaram e qual preferiam.

Na linha de produção trabalham 10 pessoas, sendo 7 operadores, 2 ajudantes e 1 supervisor. Para a avaliação, os membros do grupo foram identificados na seqüência de 1 até 10. Os operadores de 1 até 4 são os que mais têm contato com o adesivo no momento da aplicação; os operadores 5 e 6 têm contato com o adesivo depois de aplicado sobre o filme e os operadores de 7 até 10 foram chamados até a área na produção onde o odor é mais perceptível.

Realizaram-se as avaliações em dias diferentes para cada adesivo, embora buscando realizar os testes na linha de produção nas mesmas condições de temperatura e umidade relativa do ar no ambiente.

#### 4.3.4.3 Avaliação dos adesivos no produto final

Para verificar se os adesivos conferem ao produto final o resultado desejado, fizeram-se 3 análises básicas para verificação:

a) aspecto do produto final: realizou-se uma inspeção visual nos 18 painéis do lote de inspeção para cada adesivo, pela qual o filme colado na superfície do painel com o adesivo em teste não deve apresentar defeitos na superfície do filme como manchas ou alisamento da gravura do filme.

b) descolamento do filme: com uma amostra de painel retirada aleatoriamente do lote de inspeção para cada adesivo, realizou-se um teste pelo qual filme de PVC não deve apresentar descolamento do painel de fibra de vidro mesmo quando submetido à alta temperatura.

Colocou-se uma peça de dimensão 60 x 30 cm, recortada da amostra do painel retirado do lote de inspeção, em uma estufa a 54°C (figura 11). A peça fica suspensa no interior da estufa, apoiada lateralmente nas paredes internas. A face com revestimento ficou

voltada para a base da estufa, simulando o produto instalado. Fizeram-se avaliações visuais a cada uma hora nas primeiras oito horas. Após esta fase, fez-se uma avaliação após 16 horas. Em seguida, fizeram-se avaliações a cada 24 horas até completar o total de 96 horas de teste.

Realizou-se este ensaio para verificar as características do adesivo quando submetido a uma temperatura de operação acima dos limites onde os painéis de revestimento são normalmente aplicados. Não pode haver descolamento do filme colado sobre a placa. Além disso, este teste permite uma avaliação de envelhecimento forçado do adesivo. Se ocorrer qualquer tipo de descolamento, retração, formação de bolhas, escorramento do adesivo ou absorção do adesivo pelo painel, o adesivo é reprovado.

Os adesivos usados na fabricação de painéis de revestimento termoacústicos são formulados especificamente para este propósito e têm composição, propriedades físicas e químicas que possibilitam a aprovação neste ensaio.



FIGURA 11: ESTUFA PARA ENSAIO DE DESCOLAMENTO

c) reação ao fogo: neste teste o adesivo não deve colaborar para aumentar a reatividade ao fogo do produto final. Este ensaio é realizado conforme a norma NBR 9442 – Materiais de Construção – Reação ao fogo pelo método do painel radiante (ABNT, 1986). É determinado o  $I_p$  – Índice de propagação, que deve ser menor que 25. O ensaio de reação ao fogo é feito em laboratório externo, no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. A empresa não dispõe de equipamento e instalações para a realização deste ensaio. As amostras coletadas são identificadas, embaladas e enviadas ao IPT.

O ensaio consiste na colocação de uma amostra do produto a ser testado na posição inclinada e a frente de um painel radiante de calor (a temperatura do painel radiante é de aproximadamente 700°C). Uma chama piloto, proveniente da queima de propano, é colocada na parte superior da amostra. A amostra é aproximada do painel radiante em uma distância determinada pelo método de ensaio e deixada por 30 minutos. Dentro deste tempo, é monitorada a extensão de queima da superfície do painel, a geração de calor e a elevação da temperatura proveniente da queima da superfície. Os resultados obtidos são parametrizados numa tabela para posterior cálculo do índice de propagação de chama  $I_p$ . São testadas 5 amostras, sendo calculado o  $I_p$  médio do teste.

Retirou-se 5 amostras do lote de inspeção para cada adesivo. As mesmas foram cortadas nas dimensões dos corpos de prova do ensaio e encaminhadas para o Laboratório de Segurança ao Fogo do IPT, onde se realizaram os ensaios.



FIGURA 12: ENSAIO DE REAÇÃO AO FOGO

#### 4.3.5 Análise de custos

A decisão de uso de um adesivo no processo de fabricação passa pela análise de dois aspectos relacionados ao custo:

- a) impacto do custo do adesivo no produto final. O custo do adesivo traz um impacto direto no custo do produto final;
- b) impacto do valor financeiro alocado em estoque. Neste caso, quanto mais caro o produto, mais a empresa dispõe de capital parado em estoque.

A análise de custo realizou-se com a premissa que não há redução de consumo de adesivo no processo, independente do produto A, B ou C. As comparações foram feitas em relação ao adesivo A, atualmente usado pela empresa. Tomou-se como base de custo do adesivo A como sendo 100. Na análise considerou-se alguns outros fatores que impactam no custo do produto (dedução de impostos, condições comerciais de fornecimento, entre outros).

#### 4.4 COLETA DE DADOS

Os experimentos foram feitos na linha de produção e em laboratório. A caracterização de aspectos e perigos dos adesivos realizou-se com base na literatura técnica, ficha de segurança de produtos e resultados dos testes em linha de produção.

#### 4.5 TRATAMENTO DE DADOS

O tratamento dos dados guiou-se pelo processo quantitativo para os experimentos e qualitativo para aspectos ambientais, perigos e riscos. Observaram-se os seguintes parâmetros:

- Aspecto do produto final pós-colagem;
- Reação ao fogo do produto final;

- Resultado de fixação filme-painel para avaliar o desempenho do adesivo usando o critério de avaliação após envelhecimento normal e forçado a 54º C;
- Taxa de emissão de COV / m<sup>2</sup> de painel produzido
- Avaliação de odor no local durante a produção.

#### 4.6 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

A pesquisa realizou-se dentro da linha de produção, nas condições atuais da empresa caso estudo, sem nenhuma alteração para a realização dos trabalhos. Não foi estabelecido nenhum critério de aprovação ou reprovação do produto final com fundamento em norma de certificação ambiental. Considerou-se e relatou-se as observações e resultados encontrados no experimento, que se aplicam apenas para a empresa caso estudo.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 AVALIAÇÃO DA FICHA TÉCNICA E FISPQ DOS ADESIVOS TESTADOS

Pela leitura e análise dos documentos fornecidos pelos fabricantes dos adesivos, chegou-se aos seguintes resultados:

a) Comparação das fichas técnicas: a consolidação dos dados encontrados nas fichas técnicas dos produtos avaliados é apresentada na tabela 13:

TABELA 13 - DADOS DAS FICHAS TÉCNICAS DOS PRODUTOS

Propriedades	Especificação padrão da empresa	ADESIVO A	ADESIVO B	ADESIVO C
Composto químico base	EVA	Dispersão aquosa de Etileno vinil acetato	Emulsão de copolímero vinilacrílico	Copolímero vinílico em emulsão
Aspecto/Aparência	Líquido, uniforme	Líquido, uniforme	Líquido, viscoso	Líquido, viscoso
Cor	branco	branco	branco	branco
Sólidos 2g/150°C/2h (%)	49 - 53	50,21	50 - 54	50 - 54
Densidade	1,0 – 1,1	1,05	1,08	ND
pH – 25 °C	4,0 – 7,0	4,36	4,0 – 6,0	4,0 – 6,0
Viscosidade Brok. RVT (F5/R20/25 °C – cps)	7.000 – 10.000	7.000 – 10.000	7.000 – 10.000	7.000 – 14.000
Aplicação	Colagem de filme vinílico em painéis de fibra de vidro	ND	Colagens em geral na indústria gráfica	ND
Embalagem	Container 1 tonelada retornável	Container 1000 Kg	Barricas de 50 e 10Kg	Container 1000 Kg
Segurança e uso	Solúvel em água, sem odor irritante	ND	Totalmente atóxico e solúvel em água	ND
Equipamentos de proteção individual - EPI	ND	ND	Óculos de segurança e luvas de PVC quando for necessário o uso prolongado	ND
Estocagem	Local seco e coberto	ND	Local ventilado e coberto	ND

NOTA:

ND - dado não disponível nas fichas técnicas

Na comparação das fichas técnicas dos adesivos, verificou-se similaridade nas propriedades físicas e químicas dos três produtos, embora os adesivos tenham composições químicas diferentes. Em relação às informações sobre segurança e uso, destacou-se a informação que o adesivo B é declarado pelo fabricante como sendo um produto “totalmente atóxico”, embora seja recomendado o uso dos EPI’s óculos de segurança e luvas de PVC quando for necessário o manuseio e uso prolongado.

b) Comparação das FISPQ: para avaliação inicial dos perigos de cada produto, analisou-se os itens 2 e 3 das FISPQ. O item 2 da FISPQ traz informações sobre a composição e sobre os ingredientes do produto. A tabela 14 mostra a descrição destes itens para cada adesivo estudado.

TABELA 14 - DADOS DO ITEM 2 DA FISPQ PARA OS ADESIVOS ANALISADOS

	ADESIVO A	ADESIVO B	ADESIVO C
Tipo de produto	Dispersão aquosa	Preparado	Preparado
Natureza química	ND	Emulsão de copolímero vinílico	Copolímero vinílico em emulsão aquosa
Ingredientes que contribuem para o risco	Aditivos - CAS 111.15.9	ND	Acetato de vinila - < 0,5% Copolímero vinílico: 54-56% Biocida - < 0,1%

FONTE: DOCUMENTAÇÃO DOS FORNECEDORES

Observou-se um detalhe: a descrição do produto feita por cada fabricante não segue um mesmo padrão. O adesivo C apresentou-se com uma descrição mais completa e clara sobre a composição do produto quando comparado aos demais.

O item 3 da FISPQ apresenta informações sobre a identificação de perigos dos produtos. Reproduziu-se, a seguir, os termos como descritos nas FISPQ analisadas.

Adesivo A:

- Perigos mais importantes: produto inflamável
- Efeitos do produto: (em branco)
- Efeitos adversos à saúde humana: (em branco)
- Ingestão: quantidades moderadas podem causar desconforto, náusea e torpor, dor de cabeça, irritação na boca e garganta, vômito, vertigem, irritação gastrintestinal, convulsão e inconsciência.
- Inalação: libera vapores

- Pele: no manuseio, use creme dermatológico. Em contato com a pele.
- Olhos: em caso de respingos, lavar com água em abundância durante quinze minutos.
  - Efeitos ambientais: o produto permanece nas águas afetando o ecossistema.
  - Perigos físicos e químicos: produto inflamável, porém a base de água, mas contendo alguns aditivos inflamáveis.
  - Classificação do produto químico: No. ONU: (em branco)  
Classe de risco; (em branco)  
No. de risco: produto classificado de acordo com a diretiva 67/548/EEC e com a NR-20, da portaria no. 3.214 de 08/06/78.

Visão geral das emergências: S2: manter fora do alcance das crianças

S9: manter o recipiente em local bem ventilado

S24/25: evitar contato com a pele e olhos

S26: em contato com olhos, lavar imediatamente com água e consultar um especialista

S29: não jogar os resíduos no esgoto

S51: utilizar somente em locais bem ventilados

Adesivo B:

Não há na formulação deste item compostos perigosos. Entretanto, sugerimos o uso de EPIs quando exposto por período prolongado.

Adesivo C:

Perigos mais importantes: (em branco)

Efeitos do produto: (em branco)

Efeitos adversos a saúde humana: pode causar irritação da pele e olhos em contato prolongado ou repetido

Efeitos ambientais: efeitos esperados são mínimos

Perigos físico-químicos: nenhum identificado como relevantes

Perigos específicos: nenhum identificado

Principais sintomas: vermelhidão em contato prolongado ou repetido

Classificação do produto químico: produto não classificado como perigoso (ANTT resolução no. 420/04).

Neste item da FISPQ, percebeu-se uma significativa diferença na qualidade e quantidade das informações sobre cada adesivo. Como exemplo, para o adesivo A, os efeitos por inalação, contato com a pele e contato com os olhos não têm relação com efeitos. Também neste item, o adesivo C apresentou uma descrição mais completa e clara sobre a composição do produto quando comparado aos demais adesivos.

Constatou-se que essas diferenças não permitem uma avaliação correta e segura sobre cada adesivo e dificultam uma tomada de decisão para identificar qual adesivo é melhor em relação aos perigos de cada um deles.

## 5. 2 ANÁLISE PARA VERIFICAÇÃO DAS PROPRIEDADES DOS ADESIVOS

As amostras dos adesivos testadas em laboratório apresentaram os seguintes resultados descritos na tabela 15.

TABELA 15 - RESULTADOS DAS ANALISES DOS ADESIVOS

Propriedades	Especificação	Adesivo A	Adesivo B	Adesivo C
Composto base	EVA	Dispersão aquosa de Etileno vinil acetato	Emulsão de copolímero vinilacrílico	Copolímero vinílico em emulsão
Aparência	Líquido, uniforme	Líquido, uniforme	Líquido, uniforme	Líquido, uniforme
Cor	branco	branco	branco	branco
Sólidos 2g/150 °C/2h (%)	49 - 53	50,21	51,2	52,43
Densidade	1,0 – 1,1	1,053	1,086	1,092
pH	4,0 – 7,0	4,36	4,3	4,73
Odor	Não irritante	Não irritante	Não irritante, solvente	Não irritante
Viscosidade Brookfield RVT (F5/R20/25 °C – cps)	7000 – 10.000	9.600	8.200	9.400

### 5.3 ANÁLISE QUÍMICA PARA DETERMINAÇÃO DOS COV'S NOS ADESIVOS

Os resultados obtidos estão descritos na tabela 16 e são as substâncias mais próximas identificadas nas bibliotecas de identificação do espectro de massa. As figuras 13, 14 e 15 representam os espectros obtidos em cada análise.

TABELA 16 - RESULTADOS HEADSPACE / GC-MS

Solvente	Adesivo A	Adesivo B	Adesivo C
Solventes encontrados	Acetato de etilglicol (acetato de 2-etoxietila) – 99,03%	Ácido acético: 1,6% Não identificado: 21,1% Não identificado: 77,3%	Acetato de vinila: 89,5% Acetona: 2,5% Acetaldeído: 4,3% Outros: 3,7%

A Figura 13 demonstra o pico 6 mais elevado em relação aos demais. Evidenciou-se a presença do composto acetato de etilglicol (99,03%) nos gases coletados.

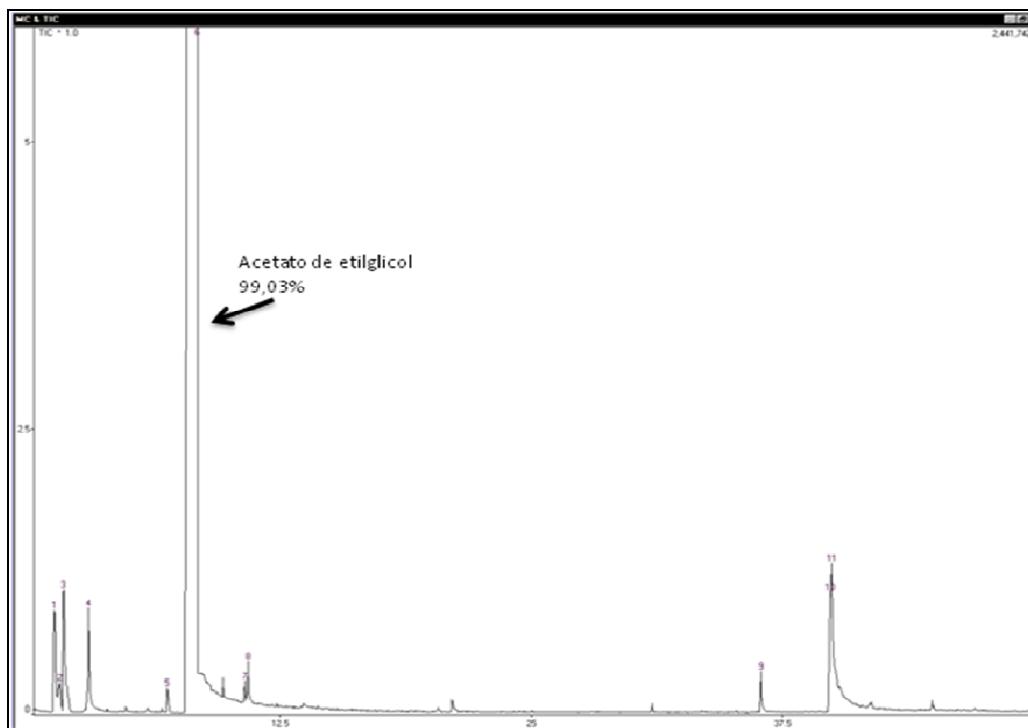


FIGURA 13: CROMATOGRAMA DO ADESIVO A

Já para o adesivo B, a figura 14 evidencia a presença de três picos característicos. Identificou-se com exatidão apenas o pico 3 como sendo o ácido acético (1,6%) nos gases coletados.

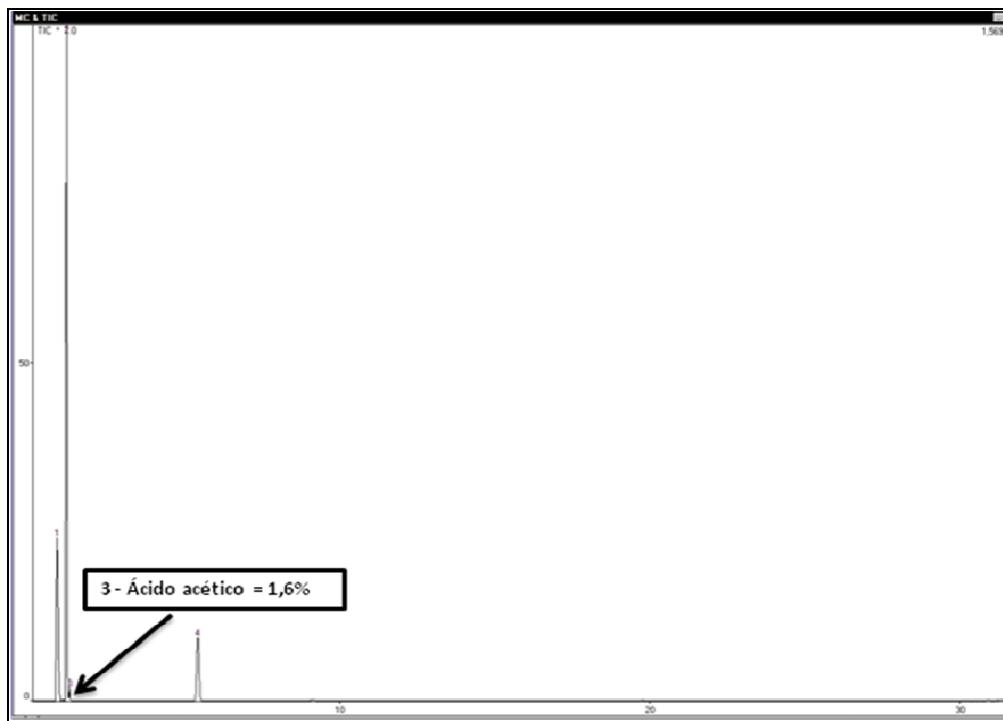


FIGURA 14: CROMATOGRAMA DO ADESIVO B

Para o adesivo C, a figura 15 demonstra a presença de 5 substâncias detectadas na cromatografia. Identificou-se o pico 5 como o acetato de vinila (87,84%).

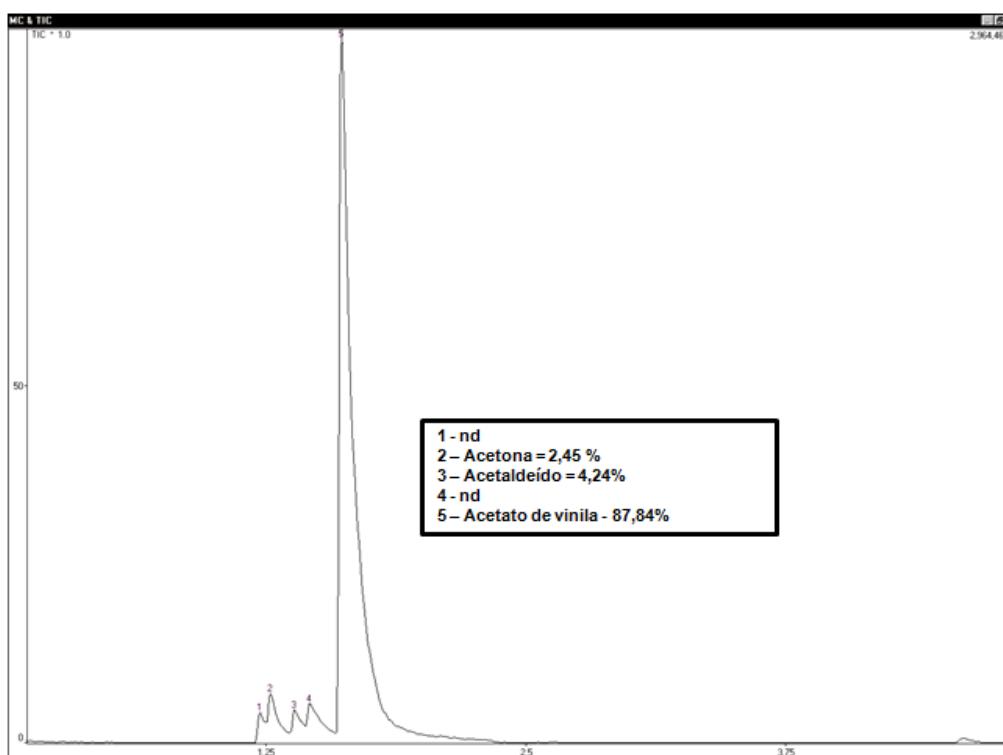


FIGURA 15: CROMATOGRAMA DO ADESIVO C

Para o Adesivo A, na análise confirmou-se a informação do fabricante, ou seja, o adesivo continha o acetato de etilglicol. No caso do adesivo B, não foi feita menção de qualquer substância nos documentos sobre o produto, embora apresente COV's como o ácido acético (1,6%). Para os demais voláteis encontrados não se evidenciou referências na biblioteca de substâncias do equipamento, não sendo possível identificar duas das substâncias evaporadas com percentual expressivo. Foi o produto de mais difícil caracterização, não sendo conclusivos os resultados obtidos na GC-MS. Para o adesivo C, a análise apresentou 5 COV's presentes no *headspace*. O encontrado em maior quantidade estava citado na ficha de segurança do produto – acetato de vinila.

Em complemento, fez-se uma análise do potencial de perigo dos solventes encontrados baseados nos limites ambientais de exposição e no limiar do odor para estas substâncias identificadas (valores em mg/L). Os valores obtidos estão reunidos na tabela 17:

TABELA 17 - POTENCIAL DE RISCOS DOS COV'S ENCONTRADOS NA GC-MS - PP

COV	CAS	PEL-TWA (mg/L)	TLV- TWA (mg/L)	TLV- STEL (mg/L)	Limiar do odor (mg/L)	REL- TWA (mg/L)	IDHL (mg/L)	odor	Adesivo
Acet. de etil glicol	111-15-9	100	5 - pele	ND	ND	0,5 - pele	500	agradável	A
Ác. Acético	64-19-8	10	10	15	2	10	50	pungente, vinagre	B
Acetona	67-64-1	ND	500	750	13	250	2500	frutado	C
Acetaldeído	75-07-0	1000	ND	ND	0,21	ND	2000	pungente, frutado	C
Acetato de vinila	108-05-4	ND	10	15	0,12	ND	ND	irritante	C

FONTE: NIOSH: *Pocket Guide to Chemical Hazards*; TOXNET – HSDB: *hazardous safety data bank*

NOTA:

ND: dado não disponível nas fontes consultadas.

Os potenciais de risco encontrados têm o seguinte significado:

TLV-TWA : *threshold limit value* - é a concentração de uma substância presente no ar sob a qual um ser humano adulto comum pode ser repetidamente exposto sem apresentar efeitos diversos a saúde.

TLV-STEL: *short-term exposure limit* - é o limite de exposição de curto prazo entendido como máxima concentração de exposição para um breve e especificado período de tempo, estabelecido em função do produto químico.

PEL-TWA: *permissible exposure limit* - é o limite de exposição permissível definido pela OSHA (*Occupational Health and Safety Agency – US Department of Labor*) como limites de exposição ocupacional a contaminantes.

REL-TWA: *relative exposure limit – time weighted average* / NIOSH (*US National Institute for Occupational Safety and Health*) – limite de exposição para 10 horas de trabalho/dia em uma semana de 40 horas.

IDHL: *immediately dangerous to life and health* – concentrações imediatamente perigosas à vida e à saúde definidas pela NIOSH, como a exposição a contaminantes atmosféricos possível de causar morte ou efeitos permanentes à saúde de forma mediata ou imediata, ou que inabilitem a fuga de um ambiente que apresente tais concentrações de contaminantes.

Através da análise do potencial de risco apresentado na tabela 16, encontrou-se a substância de maior perigo no adesivo C (acetaldeído), considerada como potencialmente cancerígena (NIOSH TOXNET, 2009), além dos outros dois COV identificados (acetona e acetato de vinila) apresentarem limiar de odor baixo.

#### 5.4. BALANÇO DE MASSA PARA VERIFICAÇÃO DAS EMISSÕES

Para cada adesivo testado, avaliou-se 18 peças. O percentual de adesivo evaporado no processo é a média aritmética calculada para cada adesivo. Os resultados destas determinações estão apresentados nas tabelas 18, 19 e 20.

TABELA 18 - EVAPORAÇÃO DE COV's NO PROCESSO – ADESIVO A

	$m_p$	$m_f$	$m_a$	$P_1$	$P_2$	$R_a$	$E_{cov}$	$E\%$
1	0,872	0,084	0,038	0,995	0,978	0,022	0,017	0,440
2	0,848	0,084	0,038	0,971	0,956	0,024	0,015	0,388
3	0,863	0,084	0,038	0,986	0,969	0,022	0,017	0,440
4	0,886	0,084	0,038	1,009	0,994	0,024	0,015	0,388
5	0,870	0,084	0,038	0,993	0,973	0,019	0,020	0,518
6	0,920	0,084	0,038	1,043	1,026	0,022	0,017	0,440
7	0,918	0,084	0,038	1,041	1,021	0,019	0,020	0,518
8	0,872	0,084	0,038	0,995	0,977	0,021	0,018	0,466
9	0,872	0,084	0,038	0,995	0,977	0,021	0,018	0,466
10	0,821	0,084	0,038	0,944	0,931	0,026	0,013	0,336
11	0,904	0,084	0,038	1,027	1,007	0,019	0,020	0,518
12	0,826	0,084	0,038	0,949	0,934	0,024	0,015	0,388
13	0,868	0,084	0,038	0,991	0,974	0,022	0,017	0,440
14	0,917	0,084	0,038	1,040	1,023	0,022	0,017	0,440
15	0,871	0,084	0,038	0,994	0,978	0,023	0,016	0,414
16	0,877	0,084	0,038	1,000	0,990	0,029	0,010	0,258
17	0,882	0,084	0,038	1,005	0,984	0,018	0,021	0,544
18	0,843	0,084	0,038	0,966	0,951	0,024	0,015	0,388
<b>Média</b>	<b>0,874</b>	<b>0,084</b>	<b>0,038</b>	<b>0,997</b>	<b>0,980</b>	<b>0,022</b>	<b>0,017</b>	<b>43,3%</b>

TABELA 19 - EVAPORAÇÃO DE SOLVENTES NO PROCESSO – ADESIVO B

	$m_p$	$m_f$	$m_a$	$P_1$	$P_2$	$R_a$	$E_{cov}$	$E\%$
1	0,828	0,084	0,038	0,951	0,931	0,019	0,020	0,518
2	0,931	0,084	0,038	1,054	1,036	0,021	0,018	0,466
3	0,887	0,084	0,038	1,010	0,993	0,022	0,017	0,440
4	0,903	0,084	0,038	1,026	1,013	0,026	0,013	0,336
5	0,918	0,084	0,038	1,041	1,025	0,023	0,016	0,414
6	0,876	0,084	0,038	0,999	0,984	0,024	0,015	0,388
7	0,951	0,084	0,038	1,074	1,057	0,022	0,017	0,440
8	0,859	0,084	0,038	0,982	0,967	0,024	0,015	0,388
9	0,846	0,084	0,038	0,969	0,957	0,027	0,012	0,310
10	0,852	0,084	0,038	0,975	0,955	0,019	0,020	0,518
11	0,887	0,084	0,038	1,010	0,993	0,022	0,017	0,440
12	0,880	0,084	0,038	1,003	0,988	0,024	0,015	0,388
13	0,868	0,084	0,038	0,991	0,979	0,027	0,012	0,310
14	0,853	0,084	0,038	0,976	0,956	0,019	0,020	0,518
15	0,845	0,084	0,038	0,968	0,951	0,022	0,017	0,440
16	0,816	0,084	0,038	0,939	0,926	0,026	0,013	0,336
17	0,884	0,084	0,038	1,007	0,991	0,023	0,016	0,414
18	0,854	0,084	0,038	0,977	0,962	0,024	0,015	0,388
<b>Média</b>	<b>0,874</b>	<b>0,084</b>	<b>0,038</b>	<b>0,997</b>	<b>0,981</b>	<b>0,023</b>	<b>0,016</b>	<b>41,4%</b>

TABELA 20 - EVAPORAÇÃO DE SOLVENTES NO PROCESSO – ADESIVO C

	$m_p$	$m_f$	$m_a$	$P_1$	$P_2$	$R_a$	$E_{cov}$	$E\%$
1	0,866	0,084	0,038	0,989	0,980	0,030	0,009	0,232
2	0,870	0,084	0,038	0,993	0,980	0,026	0,013	0,336
3	0,876	0,084	0,038	0,999	0,990	0,030	0,009	0,232
4	0,845	0,084	0,038	0,968	0,953	0,024	0,015	0,388
5	0,851	0,084	0,038	0,974	0,959	0,024	0,015	0,388
6	0,935	0,084	0,038	1,058	1,045	0,026	0,013	0,336
7	0,870	0,084	0,038	0,993	0,980	0,026	0,013	0,336
8	0,869	0,084	0,038	0,992	0,982	0,029	0,010	0,258
9	0,860	0,084	0,038	0,983	0,970	0,026	0,013	0,336
10	0,835	0,084	0,038	0,958	0,945	0,026	0,013	0,336
11	0,876	0,084	0,038	0,999	0,989	0,029	0,010	0,258
12	0,855	0,084	0,038	0,978	0,963	0,024	0,015	0,388
13	0,905	0,084	0,038	1,028	1,015	0,026	0,013	0,336
14	0,840	0,084	0,038	0,963	0,950	0,026	0,013	0,336
15	0,887	0,084	0,038	1,010	0,997	0,026	0,013	0,336
16	0,806	0,084	0,038	0,929	0,913	0,023	0,016	0,414
17	0,886	0,084	0,038	1,009	1,000	0,030	0,009	0,232
18	0,865	0,084	0,038	0,988	0,975	0,026	0,013	0,336
<b>Média</b>	<b>0,867</b>	<b>0,084</b>	<b>0,038</b>	<b>0,989</b>	<b>0,977</b>	<b>0,026</b>	<b>0,012</b>	<b>32,3%</b>

NOTA: vide dados e equações da pág. 62:

 $m_f$  = massa do filme plástico $m_a$  = massa de adesivo aplicado $m_p$  = massa do painel $P_1$  = massa total do conjunto $P_2$  = massa total do conjunto após secagem do adesivo = pesado em balança

$R_a$  = massa de adesivo no painel após secagem

$E_{cov}$  = quantidade evaporada do adesivo no processo

$E\%$  = % evaporado do adesivo no processo

Obtiveram-se os seguintes resultados para cada adesivo (tabela 21):

TABELA 21 - EVAPORAÇÃO DE COV's NO PROCESSO

Adesivo	% médio evaporado no processo	Desvio-padrão	Variância
A	43,30	7,08	0,50
B	41,42	6,62	0,44
C	32,30	5,74	0,33

As análises CG-MS dos adesivos indicou quais os possíveis COV's que são evaporados no processo de laminação. Com a passagem do conjunto filme + adesivo no túnel de secagem, que está numa temperatura entre 50 – 80 °C (varia em cada ponto do túnel), estes COV's são liberados do adesivo.

A tabela 22 apresenta os valores de pressão de vapor para os principais COV's encontrados na análise dos adesivos por GC-MS (NIOSH, 2010). De acordo com os valores de pressão de vapor apresentados, concluiu-se que o adesivo A apresenta COV's menos voláteis que os adesivos B e C.

TABELA 22: PRESSÃO DE VAPOR DOS COV's

ADESIVO	Principais COV's identificados na CG-MS	% encontrados	Pressão de vapor – mm Hg – 20°C
A	Acetato de etilglicol	99,03	2,0
B	Ácido acético	1,60	11,0
C	Acetato de vinila Acetaldeído Acetona	87,84 4,24 2,45	83,0 740,0 184,5

FONTE: NIOSH, 2010

## 5.5 AVALIAÇÃO DO ODOR DURANTE A PRODUÇÃO

Para a realização dos testes com os adesivos, todos os funcionários foram devidamente informados sobre os testes, sobre os perigos e riscos envolvidos. Os testes foram acompanhados pelas chefias responsáveis (produção, qualidade e desenvolvimento de produtos), que têm autoridade para interromper o teste a qualquer momento, caso

alguma anormalidade venha a ocorrer e comprometer a segurança do processo, inclusive odor.

A exposição aos adesivos B e C, que ainda não eram conhecidos pela equipe de produção no momento do teste, foi muito breve, não possibilitando nenhum tipo de exposição crônica destas pessoas aos COV emitidos. Entre o *set-up* da máquina, produção das peças e coleta das 18 amostras como descrito em 4.1, foram gastos cerca de 30 minutos para cada adesivo. Os resultados são apresentados na tabela 23:

TABELA 23 - PERCEPÇÃO DE ODOR PELOS OPERADORES

OPERADOR	ATIVIDADE	PERCEPÇÃO DO ODOR		
		Adesivo A	Adesivo B	Adesivo C
1	Opera a coladeira	Normal	Irritante - não gosta	Igual, sem diferença
2	Monta caixas	Normal	Irritante - não gosta	Igual, sem diferença
3	Cola etiqueta nas caixas	Normal	Irritante - não gosta	Melhor
4	Embalá as placas prontas	Normal	Não notou diferença	Melhor
5	Corta filme plástico	Normal	Irritante - não gosta	Melhor
6	Corta filme plástico	Normal	Irritante - não gosta	Melhor
7	Alimenta placas na esteira	Normal	Irritante - não gosta	Melhor
8	Ajudante geral do setor	Normal	Irritante - não gosta	Mais agradável
9	Supervisor do setor	Normal	Irritante - não gosta	Melhor
10	Ajudante geral do setor	Normal	Não notou diferença	Melhor

Fazendo um cruzamento de dados entre a percepção de odor dos operadores, o tipo de COV de cada adesivo e o odor característico do COV, verificou-se consistência das informações dadas pelos operadores.

Em termos de qualidade do odor percebido, o adesivo C teve um desempenho superior ao adesivo A e muito superior ao adesivo B. Foi o adesivo que os operadores mais gostaram. Não gostaram do adesivo B.

## 5.6 ANÁLISE DO DESEMPENHO DO ADESIVO NO PRODUTO FINAL

Com as amostras coletadas do lote de inspeção, foram feitas as verificações de qualidade da colagem do filme e de reação ao fogo dos painéis produzidos que são impactados pelos adesivos. Os resultados obtidos estão representados na tabela 24:

TABELA 24 - RESULTADOS DOS ENSAIOS DOS PAINÉIS PRODUZIDOS

	<b>Adesivo A</b>	<b>Adesivo B</b>	<b>Adesivo C</b>
Aspecto	OK	OK	OK
Descolamento	OK	descolou	OK
Envelhecimento: 96 h /54 °C	OK	descolou – após 2h	OK
Absorção pelo painel	OK	OK	OK
Bolhas	Ausente	sim	ausente
Aderência:painel/revestimento	OK	OK	OK
Reação ao fogo	< 25	87	< 25

## 5.7 ANÁLISE DE CUSTOS

Seguindo as premissas estabelecidas para a análise comparativa dos custos dos adesivos conforme descrito no item 4.3.5, obteve-se os seguintes resultados, expressos na tabela 25:

TABELA 25 - IMPACTO DO CUSTO DO ADESIVO

<b>Impactos do adesivo</b>	<b>Adesivo A</b>	<b>Adesivo B</b>	<b>Adesivo C</b>
Base de custo do adesivo	100	70	84
No custo final do produto		- 3,4%	- 2,3%
No custo do estoque de adesivos		- 30%	- 16%

Por esta via de decisão, o adesivo B apresentou-se como a melhor alternativa para reduzir os custos do produto e de estoque.

## 5.8 ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS, PERIGOS E RISCOS

Realizou-se a comparação dos aspectos e impactos ambientais relacionados ao uso dos adesivos B e C em relação ao adesivo usado pela empresa. A tabela 26 apresenta o resultado para os aspectos e impactos ambientais:

TABELA 26: AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS

<b>Adesivo</b>	<b>Legislação ou Norma</b>	<b>Probabilidade Freqüência</b>	<b>Severidade</b>	<b>Partes interessadas</b>	<b>Soma dos pontos</b>	<b>Classificação</b>
A	1	3	1	1	6	Não significativo
B	1	3	1	3	8	Significativo
C	3	3	1	3	10	Significativo

O odor gerado pelo uso do adesivo B e a presença de acetaldeído no adesivo C aumentaram a pontuação em relação ao adesivo A, classificando-os como significativos causadores de impactos ambientais.

Da mesma maneira, fez-se a comparação dos perigos e riscos ocupacionais dos adesivos B e C em relação ao adesivo A. A tabela 27 apresenta o resultado para os perigos e riscos ocupacionais:

TABELA 27: AVALIAÇÃO DOS PERIGOS E RISCOS

<b>ADESIVO</b>	<b>Legislação ou Norma</b>	<b>Probabilidade Freqüência</b>	<b>Severidade</b>	<b>Partes interessadas</b>	<b>Pontos</b>	<b>Classificação</b>
A	1	3	1	1	6	Tolerável
B	1	3	3	3	10	Não tolerável
C	3	3	3	3	12	Não tolerável

A presença do acetaldeído no adesivo C e o odor gerado pelo adesivo B aumentaram a pontuação relacionadas à severidade e para as partes interessadas, principalmente os operadores da linha de produção, mesmo com controle feito pelo uso de equipamentos de proteção individual.

## 6 DISCUSSÃO

### 6.1 FICHAS TÉCNICAS E FISPQ

As fichas técnicas dos adesivos testados foram semelhantes em conteúdo, dando detalhes mínimos para uma avaliação das propriedades físicas e químicas dos adesivos e possibilitando uma comparação entre os três produtos.

Já as FISPQ foram diferentes em conteúdo e precisão das informações, que dificultou a interpretação sobre o uso e segurança dos produtos. Nas diversas consultas realizadas para a pesquisa em questão, verifcou-se que as FISPQ de produtos fabricados no exterior, que são conhecidas como MSDS – Material Safety Data Sheet, principalmente Estados Unidos e Europa, são mais completas. No caso de adesivos, chegaram a descrever a composição de cada formulação e o percentual de cada componente. Nos produtos estudados, as FISPQ apresentaram dados de componentes que, no entendimento dos fabricantes, poderiam apresentar algum risco. Mesmo assim, o fabricante do adesivo A indicou apenas o registro do *Chemical Abstract Services - CAS* da substância, dificultando a identificação imediata desta substância. Mas foi preciso na informação, pois a substância informada foi a única detectada na análise GC-MS. A FISPQ do adesivo B foi a menos precisa, indicando que não havia na composição do adesivo qualquer substância tóxica. O teste em produção demonstrou o contrário, principalmente pelo forte e irritante odor. A FISPQ deveria informar claramente sobre esta característica do produto. A FISPQ do adesivo C foi a mais completa em conteúdo e informações, apresentando dados razoáveis sobre as substâncias contidas no adesivo e que contribuem para o risco do uso, no caso o acetato de vinila e biocidas. No ensaio GC-MS foi detectado acetaldeído, não citado na FISPQ.

### 6.2 PROPRIEDADES DOS ADESIVOS E CARACTERIZAÇÃO DOS COV'S

A verificação das propriedades dos adesivos em laboratório, principalmente para os novos produtos que seriam testados – adesivos B e C – foi fundamental para uma mínima comparação das propriedades físicas e químicas de cada um deles e comparação junto aos valores especificados para o processo de colagem em questão. A análise das propriedades

dos adesivos possibilitou também verificar que o primeiro lote recebido pelo fornecedor do adesivo C estava com a viscosidade muito acima do especificado, que causaria no processo uma dificuldade no escoamento do adesivo da embalagem para o coleiro e poderia resultar numa perda de velocidade do processo. Estas verificações de lote são eliminadas na fase de uso do produto, pois uma vez aprovado, o fornecedor entra em regime de fornecimento com qualidade assegurada, ou seja, apenas o certificado de análise (que acompanha o produto quando entregue na fabrica) é verificado e liberado se estiver dentro das especificações da empresa. Nos lotes testados em produção, todos os adesivos estavam dentro da especificação.

A análise pela técnica do *headspace* e detecção dos voláteis por GC-MS mostrou-se adequada para uma avaliação elementar de possíveis substâncias que podem ser liberadas pelo adesivo durante o processo de produção dos painéis e, com isso, a empresa pode tomar todas as ações para controle ou mitigação dos perigos e riscos e aspectos e impactos ambientais. A caracterização de substâncias não declaradas pelos fabricantes, talvez por desconhecimento, como acetaldeído, ácido acético e acetona exemplifica isso perfeitamente.

Mesmo para o adesivo B, para o qual a detecção e identificação dos COV's não foi conclusiva, pois só foi possível identificar o ácido acético, o ensaio indica que o fornecedor deste adesivo deve detalhar melhor a composição e as informações contidas na FISPQ. Tal resultado já pode sinalizar uma reprovação, ao menos inicial, até que todos os esclarecimentos sejam prestados pelo fornecedor.

### 6.3 BALANÇO DE MASSA DO PROCESSO PARA DETERMINAÇÃO DAS EMISSÕES DE COV'S

O resultado obtido no balanço de massa apontou qual adesivo apresentou maior emissão durante o processo, e a ausência de grandes variações para cada adesivo testado. O adesivo A gerou 43,3% de emissão durante o processo, certamente acetato de etilglicol e água. Já o adesivo C gerou as menores emissões (32,3%) e o menor impacto pelo odor emitido. O adesivo B teve um desempenho estatisticamente similar com o adesivo A (42,9%), embora as substâncias evaporadas apresentem maiores riscos aos operadores e ao entorno do processo.

O balanço de massa possibilitou uma comparação entre os valores teóricos do processo e o real, permitindo analisar e estabelecer correções para os desvios encontrados.

#### 6.4 AVALIAÇÃO DO ODOR NA LINHA DE PRODUÇÃO

A sensibilidade dos operadores ao odor gerado pelo uso dos adesivos no processo produtivo foi caracterizada pelos resultados das entrevistas. A comparação foi feita sempre em relação ao adesivo A, que é regulamente usado pela empresa.

O adesivo A emite basicamente o acetato de etilglicol, que tem odor característico agradável. Foi o adesivo que não causou incômodo aos operadores e que eles gostam. Na FISPQ do fabricante do adesivo há a informação que o adesivo tem odor levemente aromático, não irritante. O teste de produção demonstrou esta situação.

Já o adesivo B tem em sua composição substâncias odoríferas de características irritantes e pungentes, como o ácido acético. Na FISPQ do fabricante há a informação de que “não há na formulação deste item compostos perigosos. Entretanto sugere o uso de EPIs quando a exposição for por “periodo prolongado”. No único composto detectado pela GC-MS – o ácido acético, verificou-se que os valores de exposição e o limiar de odor são baixos, indicando que existe risco envolvido no uso deste produto. E o teste em linha de produção demonstrou que o produto tem odor irritante.

O resultado das entrevistas comparando o adesivo B com o adesivo A mostrou que 80% dos operadores consideraram o adesivo B pior, sendo irritante e 20% dos operadores não perceberam diferença entre os dois.

A comparação do adesivo C em relação ao adesivo A mostrou que não houve rejeição dos operadores em relação ao odor emitido, sendo que apenas 20% consideraram os dois adesivos similares em relação ao odor, 70% dos operadores acharam que o adesivo C é melhor e 10% (1 operador) achou que o adesivo C é mais agradável. O fato de ser mais agradável pode estar relacionado à presença de acetaldeído e acetona no adesivo C, que têm odor frutado.

Desta forma, na opinião dos operadores em relação ao odor, o adesivo C é o melhor produto, sendo melhor que o adesivo A, atualmente usado. O adesivo B foi reprovado.

## 6.5 ANÁLISE DO PRODUTO FINAL E DOS CUSTOS

O desempenho do adesivo B não atendeu aos requisitos de reação ao fogo e descolamento do filme, portanto foi reprovado. Embora apresentasse o menor custo entre os três adesivos estudados (30% abaixo do custo do adesivo A e de 3,4% no custo do produto final), o adesivo B não apresentou nenhuma vantagem de qualidade, de desempenho e das questões de saúde e meio ambiente que justificassem sua utilização.

Já o adesivo C, com um custo 16% mais baixo que o adesivo A, impactando numa redução de custo de 2,3% no produto final, apresentou-se com desempenho similar ao adesivo A em relação à qualidade do painel produzido e emitiu menor quantidade de COV's durante o processo, embora estes sejam mais perigosos que os emitidos pelo adesivo A.

Neste caso, a aprovação do adesivo ficou dependente da avaliação das possíveis emissões e do odor gerados no processo. Como na análise do adesivo C por *headspace* detectou-se substâncias como o acetaldeído, o adesivo foi reprovado, embora tenha apresentado a melhor percepção do odor pelos operadores.

## 6.6 ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS, PERIGOS E RISCOS

A análise das FISPQs e dos resultados obtidos nas análises do *headspace-GC-MS* e nos testes industriais (odor e balanço de massa), indicaram a necessidade de uma reavaliação dos aspectos e impactos ambientais, perigos e riscos envolvidos quando é feito o uso de um adesivo diferente do tradicional.

Os adesivos B e C, por conterem substâncias mais agressivas, tóxicas ou odoríferas aumentaram a severidade e os efeitos no local de produção, mudando a classificação dos impactos ambientais para significativos e os riscos aos trabalhadores para não toleráveis. Como o plano de ação a ser adotado pela empresa para tratar estes eventos levaria a redução ou eliminação destes agentes, ambos foram reprovados para fornecimento.

Chamou a atenção o fato de que as informações declaradas na FISPQ dos adesivos estudados não refletiram a realidade encontrada do produto. Identificaram-se produtos com FISPQ informando isenção de solventes e sendo atóxicos, entre outras características, mas

quando usados em produção apresentaram forte odor, característico de COV's, e causaram desconforto nos operadores.

## 6.7 RESUMO DOS RESULTADOS

A figura 16 apresenta um comparativo dos resultados dos testes com os dois adesivos:

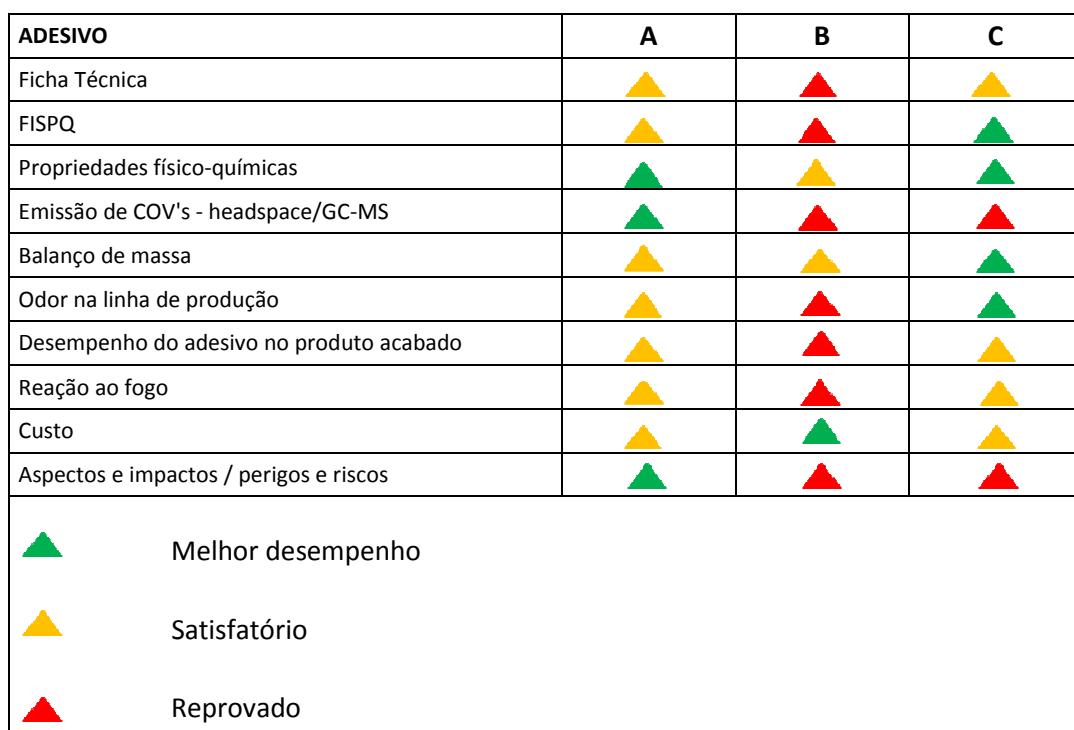


FIGURA 16: RESUMO DO DESEMPENHO DOS ADESIVOS

## 7 CONCLUSÕES

Os objetivos deste estudo eram: a) avaliar a qualidade do produto final, os custos de fabricação e os possíveis impactos ambientais e ocupacionais da fabricação e uso de painéis de revestimento termoacústicos, utilizando diferentes tipos de adesivos; b) subsidiar a empresa em seu processo decisório de substituição de matérias primas .

Neste contexto a primeira conclusão é que, dentre os adesivos analisados, o adesivo A, que já estava em uso pela empresa foi o que se mostrou mais apropriado para o processo de produção estudado, considerando os fatores de custo, qualidade, meio ambiente segurança e saúde ocupacional.

Como subsídio apara a empresa em processos de substituição de matérias-primas observou-se que:

a) Mudanças de matéria-prima baseadas apenas em questões econômicas podem ser bastante prejudiciais a uma organização.

O estudo comprovou que a substituição de uma matéria-prima em um processo produtivo deve passar por uma avaliação prévia sistêmica, envolvendo aspectos de custo, qualidade do produto final, impactos ambientais e perigos e riscos envolvidos se o objetivo for a sustentabilidade da empresa.

b) A adoção dos princípios da produção mais limpa é um procedimento recomendável quando da tomada de decisões que possam ter impactos futuros na sustentabilidade de uma organização.

Estudar os processos e produtos, caracterizar as emissões e as substâncias presentes nas matérias-primas, que podem não ser declaradas pelos fornecedores, é uma etapa de significativa relevância para a busca da sustentabilidade empresarial.

c) Além da questão econômica, é importante uma análise mais detalhada de aspectos de qualidade, meio ambiente e saúde e segurança ocupacional antes da tomada de uma decisão.

Não há padronização das informações contidas nas FISPQ dos fornecedores, não havendo como avaliar corretamente uma matéria-prima baseando-se apenas neste documento. Ficou comprovado que fornecedores podem omitir, muitas vezes até por desconhecimento, características intrínsecas importantes de seus produtos que não são visíveis ou perceptíveis por meios ordinários.

d) Uma empresa que deseja implantar processos de produção mais limpa, adotar os conceitos de sustentabilidade nas suas operações ou ainda implementar processos de melhoria contínua em qualidade, meio ambiente e segurança e saúde ocupacional deve estar preparada para aprofundar o conhecimento sobre seus produtos e matérias-primas.

Novas técnicas de avaliação de produtos e processos precisam ser adotadas. O uso da literatura é insuficiente. Mesmo que não existam normas ou parâmetros bem definidos para uma avaliação sistêmica, as práticas de *benchmarking* com outras empresas ou processos de produção podem levar a adaptações para realizar uma análise mais profunda dos produtos e que vai gerar resultados e informações relevantes para a tomada de decisão. A análise dos COV's presentes nos adesivos por GC-MS e o balanço de massa realizados nesta pesquisa trouxeram resultados expressivos sobre as propriedades não declaradas dos adesivos e sobre a capacidade de emissão de COV's no processo. A utilização destas técnicas em maior escala vai levar a aprimoramentos e a uma maior precisão dos resultados e, consequentemente, do melhor entendimento sobre o comportamento sistêmico do produto.

e) O conhecimento da percepção dos usuários em situações de mudança de paradigma (neste caso representado pelo adesivo tradicionalmente utilizado) é extremamente importante para empresas com responsabilidade socioambiental, assim como o conhecimento técnico.

A consulta ao usuário do produto, nesta pesquisa representada pelas entrevistas com os operadores do processo, e o respeito às suas opiniões, pois são os agentes que estão mais expostos aos perigos e riscos durante a produção, é essencial numa análise e deve ser considerada na avaliação. Todavia, verifica-se que cruzamento de informações técnicas foi decisivo para consubstanciar que o melhor produto na percepção dos operadores (adesivo C) foi o que mais risco apresentou nas possíveis emissões de COV's. A análise dos adesivos por GC-MS foi fundamental.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA: **Resolução RDC 50/2002**. Disponível em: [http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2002/50\\_02rdc.pdf](http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2002/50_02rdc.pdf). Acessado em 23.11.209

AIR QUALITY SCIENCES. Product evaluations. Disponível em <<http://www.aqs.com>>. Acesso em: 18 set. 2008.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C 654**: Standard test method for sound absorption and sound absorption coefficient by the reverberation room method. 1990.

\_\_\_\_\_. **ASTM D 6670**: Standard test method for full-scale chamber determination of volatile organic compound emission from indoor/material products. 2001.

\_\_\_\_\_. **ASTM D 6196**: Standard practice for selection of sorbents, sampling, and thermal desorption analysis procedures for volatile organic compounds in air. 2003.

ARAUJO, M. A. A moderna construção sustentável. Artigo publicado em 11/02/2005. Disponível em: <[http://www.universia.com.br/html/materia/materia\\_gcbj.html](http://www.universia.com.br/html/materia/materia_gcbj.html)>. Acesso em: 30 ago. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILERIA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9442**: Materiais de construção: determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante. Rio de Janeiro, 1.986.

\_\_\_\_\_. **NBR ISO 9001**: Sistemas de Gestão da Qualidade. Rio de Janeiro, 2008.

\_\_\_\_\_. **NBR 9634**: Determinação do coeficiente de absorção acústica em salas reverberantes. Rio de Janeiro, 1.995.

\_\_\_\_\_. **NBR 11358**: Painéis termoisolantes a base de lã de vidro. Rio de Janeiro, 1.994.

\_\_\_\_\_. **NBR 14001**: Sistemas de Gestão Ambiental. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 14725:** Produtos químicos - Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente. Rio de Janeiro, 2010.

ATLAS, Manuais de Legislação. **Segurança e Medicina do Trabalho. Lei No 6.514, de 22 de dezembro de 1977.** São Paulo: Editora Atlas, 2005. 785 p.

BARBIERI, J. C. **Gestão Ambiental Empresarial: conceitos, modelos e instrumentos.** São Paulo: Saraiva, 2004.

BERTRAM, Paul. **Green Products and Green Fromat.** In: CSI CONSTRUCT 2010. Philadelphia. 2010. Disponível em:  
[http://www.constructshow.com/attendee/education/construct2010-the-tfm-show-handouts.aspx.>](http://www.constructshow.com/attendee/education/construct2010-the-tfm-show-handouts.aspx.). Acesso em: 01 jun. 2010.

BLACK, M. S. **Healthy Buildings, Healthy People - How Does “Green” Fit?** In: CSI CONSTRUCT 2010, Philadelphia, 2010. Disponível em:  
[http://www.constructshow.com/attendee/education/construct2010-the-tfm-show-handouts.aspx.>](http://www.constructshow.com/attendee/education/construct2010-the-tfm-show-handouts.aspx.). Acesso em: 01 jun. 2010.

BRAITHWAITE, A.; SMITH, F. J. **Chromatographic Methods.** Glasgow: Black Academic and Professional, 1996. 559p.

BRITISH STANDARDS. **OHSAS 18.001.** Organization for Occupational Health and Safety Management System. Londres, 2007.

CANADIAN CENTRE FOR POLLUTION PREVENTION. **Polution Prevention Techniques and Targeted Substances.** Disponível em: <<http://www.c2p2online.com>>. Acesso em: 30 mar. 2008.

CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT. **A program to reduce volatile organic compound emissions by 40 percent from adhesives and sealants.** Winnipeg, mar. 1994. Disponivel em:  
<<http://www.ccme.ca/cgi-bin/search?config=ccme&thesite=ccme&word=adhesive&image.x=8&image.y=10>>. Acesso em: 1 maio 2008.

**CARUY, C. G. Utilização de tecido de vidro como revestimento de forro termoacústico.**  
Monografia para conclusão do curso de Especialização em Gestão e Engenharia de Produtos. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

**CENTRO DE TECNOLOGIA EM EDIFICAÇÕES. Consultoria de Sustentabilidade e Certificação LEED.** Disponível em: <[http://www.cte.com.br/site/certificacao\\_leed.php](http://www.cte.com.br/site/certificacao_leed.php)>. Acesso em: 20 jan. 2010.

**CETESB. Produção mais limpa.** Casos de sucesso: substituição de matéria-prima na indústria gráfica.

Disponível em: <[www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia/producao\\_limpa/casos/caso06.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia/producao_limpa/casos/caso06.pdf)>. Acesso em : 25 set. 2008.

**CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Guia da Produção Mais Limpa.** Disponível em: <[www.pmaisl.com.br](http://www.pmaisl.com.br)>. Acesso em: 20 mai. 2008.

**CONSELHO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. Materiais, Componentes e a Construção Sustentável.** São Paulo, ago 2009. Disponível em: <[http://www.cbcs.org.br/userfiles/comitestematicos/materiais/CT\\_materiais.pdf](http://www.cbcs.org.br/userfiles/comitestematicos/materiais/CT_materiais.pdf)> Acesso em: 15 out 2009.

**COUVRAT, Patrice. Le Collage Structural Moderne: Théorie et Pratique.** Paris: Tec & Doc – Lavoisiers, 1992. 246 p.

**DAVIS, Kirby. Sustaining Green – What are the trends?** In: CSI CONSTRUCT 2010. Philadelphia. 2010. Disponível em:  
<<http://www.constructshow.com/attendee/education/construct2010-the-tfm-show-handouts.aspx>>. Acesso: 01 jun. 2010.

**DEL CARLO, U. O futuro pode ser mais limpo.**  
Disponível em: <[www.arcoweb.com.br/tecnologia/tecnologia32.asp](http://www.arcoweb.com.br/tecnologia/tecnologia32.asp)>. Acesso em: 30/08/ 2008.

**DONAIRE, Denis. Gestão Ambiental na Empresa.** 2a. edição. São Paulo: Editora Atlas, 2007.

ENVIRONMENT CANADA. **Federal Agenda for the Reduction of Volatile Organic Compounds (VOCs) from Consumer and Commercial Products.** Disponível em: <<http://www.ec.gc.ca/cov-voc/default.asp?lang=En&n=424DFC9B-1>>. Acesso em: 20 jul 2010.

EXTANCE, A. Formulating for LEED in Building and Construction Adhesives. **SpecialChem Adhesives & Sealants**, jan. 2008. Disponível em: <<http://www.specialchem4adhesives.com/resources/print.aspx?id=2603>>. Acesso em: 03 abr. 2009.

FARAH, F.; VITTORINO, F. Edificações: ampla sustentabilidade. **Revista Téchne**. São Paulo: Nov. 2009.

FELDER, Richard.; ROUSSEAU, Ronald W. **Princípios Elementares de Processos Químicos**. 3<sup>a</sup>. Edição. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora, 2005. 580 p.

FRIEDMAN, T. L. **Quente, Plano e Lotado – os desafios e oportunidades de um novo mundo**. Rio de Janeiro: Editora Objetiva. 2008.

FROESCHLE, L. M. Environmental Assessment and Specification of Green Building Materials. **The Construction Specifier**. Pag. 56-57. Outubro 1999. Disponível em: <<http://www.calrecycle.ca.gov/Greenbuilding/Materials/CSIArticle.pdf>>. Acesso em: 13.07.2010.

FURTADO, J. S.; SILVA, E. R. F.; MARGARIDO, A. C. **Estratégias de Gestão Ambiental e os negócios da empresa. Programa de Produção Limpa**. Departamento de Engenharia de Produção e Fundação Vanzolini, Escola Politécnica USP. São Paulo: 2001. Disponível em: <[www.vanzolini.org.br/areas/desenvolvimento/producaolimpa](http://www.vanzolini.org.br/areas/desenvolvimento/producaolimpa)>. Acesso em: 06 abr. 2009.

GARBELOTTO, Paulo. **Solventes Industriais – Seleção, Formulação e aplicação**. São Paulo: Editora E. Bluchner, 2007.

GERGES, Samir N. Y. **Ruído: Fundamentos e controle**. 2. ed. Florianópolis: NR Editora, 2.000. 696 p.

GONÇALVES-DIAS, S. L. F.; MOURA, C. **Consumo Sustentável: Muito Além do Consumo Verde.** XXXI ENCONTRO DA ANPAD. Rio de Janeiro, 2007.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. Certificação LEED. Disponível em: <<http://www.gbcbrasil.org.br/pt/index.php?pag=certificacao.php>>. Acesso em 15.07.2009.

GREENGUARD ENVIRONMENTAL INSTITUTE. **Testing Procedures.** Disponível em: <<http://www greenguard.org/en/manufacturers/manufacturerTestingProcedures.aspx>> Acesso em: 30 jun. 2010.

INCROPERA, Frank P.; DEWITT, David P. **Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa.** 5<sup>a</sup>. Edição. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2003. 698 p.

INTERNATIONAL GREEN CONSTRUCTION CODE. Disponível em: <<http://www.iccsafe.org/cs/igcc/pages/default.aspx>>. Acesso em: 21 maio 2010.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARTIZATION. **ISO 354: Acoustics – Measurement of sound absorption in a reverberation room.** Geneve, 1.985.

JOHN, Wanderley M. Evite a pseudo-ecologia. **Revista Notícias da Construção.** Edição 63, pág. 22. São Paulo: Dezembro 2007.

JOHN, W. M. et al. **Durabilidade e Sustentabilidade: Desafios para a Construção Civil Brasileira.** ca. [2001?]. Disponível em: <<http://www.durar.pcc.usp.br/artigos/Durabilidade%20e%20Sustentabilidade.pdf>> Acesso em: 25 maio 2010.

LICCO, E.A. **Materiais e produtos para edifícios verdes.** VII Congresso Internacional de Engenharia e Arquitetura Hospitalar e XVI Congresso Brasileiro de Engenharia e Arquitetura Hospitalar. São Paulo. 2006a.

LICCO, E. A. **Saúde e desenvolvimento sustentável: os edifícios verdes.** III CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E SUSTENTABILIDADE NAS ORGANIZAÇÕES PÚBLICAS, PRIVADAS E DO TERCEIRO SETOR. Niterói, 2006b.

LICCO, E. A. **Cartilha de odores, saúde e meio ambiente.** 4º. WORK-SHOP DE GESTÃO INTEGRADA: RISCOS E PREVENÇÃO DE DANOS AMBIENTAIS E OCUPACIONAIS. Maio/2008.

MICHIGAM DEPARTMENT OF ENVIRONMETAL QUALITY – MDEQ. **Coating Operation.** Emission Calculation Fact Sheet 9839. Michigan. Nov, 2005.

MOURA, Luiz Antonio A. **Economia Ambiental: Gestão de Custos e Investimentos.** São Paulo: Editora Juarez de Oliveira, 2000. 200 p.

OLIVEIRA, L. M.; PEREZ JR. J. H. **Contabilidade de Custos para Não Contadores.** São Paulo: Editora Atlas, 2.000. 280 p.

PACKHAM, David. E. **Handbook of adhesion.** Essex: Longman Scientific and Technical, 1992. 570 p.

PATRIE, EDWARD. The evolution of industrial solvents. **Specialchem Adhesives and Sealants.** Disponível em:  
<[www.specialchem4adhesives.com/rsources/articles/printarticle.aspx?id=250](http://www.specialchem4adhesives.com/rsources/articles/printarticle.aspx?id=250)>. Acesso em: 24/11/2008.

PEREIRA, D A. et. al. **Avaliação da emissão de compostos orgânicos voláteis em uma unidade de pintura automotiva usando balanço de massa.** XXIV Encontro de Engenharia de Produção. Florianópolis, novembro, 2004.

PORTILHO, Fátima. **Consumo Sustentável: limites e possibilidades de ambientalização e politização das práticas de consumo.** Rio de Janeiro: **Cadernos Ebape.BR – FGV.** Edição temática 2005.

QUIMICA E DERIVADOS. São Paulo: **QD**, edição 480, dez. 2008. Disponível em:  
<[http://www.quimica.com.br/revista/qd480/tintas\\_solventes\\_01.html](http://www.quimica.com.br/revista/qd480/tintas_solventes_01.html)>. Acesso em: 6 abr 2009.

REKLAITIS, G. V. **Introduction to Material and Energy Balances.** N. York: John Willey & Sons, 1998. 683 p.

RUSSEL, John B. **Química Geral.** São Paulo: McGraw Hill, 1982. 898 p.

SAINT-GOBAIN DO BRASIL PRODUTOS INDUSTRIALIS E PARA A CONSTRUÇÃO LTDA - ISOVER. **Guia Residencial.** São Paulo, [s.n], [ca. 2009].

SAINT-GOBAIN. **Isover introduces a new range of environmentally friendly insulation for high performance and healthy living.** Disponível em: < <http://www.saint-gobain.com/en/press/news/isover>>. Acesso em 30.11.2009.

SANCHES, Carmen S. Gestão Ambiental Proativa. **Revista de Administração de Empresas**, vol.40, n.1, p.76-87. Fundação Getúlio Vargas. São Paulo, 2000.

SCHIRMER, W. N. **Amostragem, análise e proposta de tratamento de compostos orgânicos voláteis (COV) e odoração em estação de despejos industriais de refinarias de petróleo.** 2004, 104 f. Dissertação de mestrado em engenharia ambiental. Florianópolis, 2004.

SGS DO BRASIL LTDA. **Análise Sensorial.** São Paulo, [s.n], [ca. 2005].

SILVA, Pérides. **Acústica Arquitetônica e Condicionamento de Ar.** 4.ed. Belo Horizonte: Edtal E. T. Ltda, 2.002. 304 p.

SMI-LABHUT LTD. Basic Principles of Headspace Analysis. Reino Unido. Disponível em: <<http://www.labhut.com/education/headspace/introduction01.php>>. Acesso em: 21 set 2009.

THE ADHESIVE AND SEALANT COUNCIL, INC. Water based dispersion adhesive. Disponível em: <<http://www.adhesives.org>>. Acesso em: 6 jun. 2009.

THE NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTHY – NIOSH. **Chemicals.** Disponível em: <<http://www.cdc.gov/niosh/npg/npgsyn-a.html>>. Acesso em: 30 maio 2009.

TOXNET. Toxicology Data Network. Disponível em: < <http://toxnet.nlm.nih.gov/>>. Acesso em: 11 jun. 2009.

UEMOTO, K. L.; IKEMATSU, P.; AGOPYAN, V. Impacto Ambiental das Tintas Imobiliárias. **Coletânea Habitare**, volume 7 – Construção e Meio ambiente. 2007.

UNEP. Cleaner Production. Disponível em:

< [http://ww.uneptie.org.cp/understanding\\_cp/related\\_concepts.htm](http://ww.uneptie.org.cp/understanding_cp/related_concepts.htm)>. Acessado em: 28 nov 2007.

UNIDO. Manual on the development of cleaner production policies approaches and instruments. Disponível em: < [www.unido.org](http://www.unido.org) >. Acesso em 25 mai. 2008.

## 9 ANEXOS

### Frases de risco das substâncias: R

R1	Explosivo quando seco
R2	Risco de explosão por choque, ficção, fogo ou outra fonte de ignição
R3	Risco extreme de explosão por choque, ficção, fogo ou outra fonte de ignição
R4	Forma compostos metálicos muito sensíveis
R5	Aquecimento pode causar explosão
R6	Explosivo com ou sem contato com o ar.
R7	Pode causar fogo
R8	Contato com material combustível pode causar fogo
R9	Explosivo quando misturado com material combustível.
R10	Inflamável
R11	Altamente inflamável
R12	Extremamente inflamável
R13	Gás liquefeito extremamente inflamável
R14	Reage violentamente com água
R15	Contato com água libera gases extremamente inflamáveis
R16	Explosivo quando misturado com substâncias oxidantes
R17	Inflamável ao ar espontaneamente
R18	Em uso pode formar misturas ar vapor inflamáveis
R19	Pode formar peróxidos explosivos
R20	Perigoso por inalação
R21	Perigoso em contato com a pele
R22	Perigoso se ingerido
R23	Tóxico por inalação
R24	Tóxico em contato com a pele
R25	Tóxico se ingerid
R26	Muito tóxico por inalação
R27	Muito tóxico em contato com a pele
R28	Muito tóxico se ingerido
R29	Contato com água libera gases tóxicos
R30	Pode tornar se altamente inflamável em uso
R31	Contato com ácidos libera gás tóxico
R32	Contato com ácido libera gás muito tóxico
R33	perigo de efeitos cumulativos
R34	Causa queimaduras
R35	Causa severas queimaduras
R36	Irritante para os olhos
R37	Irritante para o sistema respiratório
R38	Irritante para a pele.
R39	Perigo de efeitos irreversíveis muito sérios
R40	Limitada evidencia de efeito cancerígeno
R41	Risco de sérios danos para os olhos
R42	Pode causar sensibilização por inalação
R43	Pode causar sensibilização por contato com a pele
R44	Risco de explosão se aquecido sob confinamento
R45	Pode causar câncer
R46	Pode causar danos genéticos hereditários
R47	Pode causar defeitos de nascimento
R48	Risco de sérios danos para a saúde por exposição prolongada
R49	Pode causar câncer por inalação
R50	Muito tóxico para organismos aquáticos.
R51	Tóxico para organismos aquáticos

R52	Prejudicial para organismos aquáticos
R53	Pode causar efeitos adversos de longo prazo no ambiente aquático
R54	Tóxico para flora
R55	Tóxico para fauna
R56	Tóxico para organismos do solo
R57	Tóxico para abelhas
R58	Pode causar efeitos adversos de longo prazo no meio ambiente
R59	Perigoso para a camada de ozônio
R60	Pode debilitar fertilidade
R61	Pode causar dano pra crianças em gestação
R62	Risco de debilitar a fertilidade
R63	Possível risco de danos pra crianças em gestação
R64	Pode causar danos para crianças em amamentação
R65	Perigoso: pode causar danos ao pulmão se ingerido
R66	Exposição repetida pode causar ressecamento ou rachaduras da pele
R67	Vapores podem causar sonolência e náuseas
R68	Possível risco de efeitos irreversíveis
R20/21	Perigoso por inalação e contato com a pele
R20/21/22	Perigoso por contato com a pele, inalação ou se ingerido
R20/22	Perigoso por inalação ou se ingerido
R21/22	Perigos em contato com a pele e por ingestão
R23/24/25	Tóxico por inalação, contato com a pele e se ingerido
R23/25	Tóxico por inalação e se ingerido
R26/27/28	Muito tóxico por inalação, em contato com a pele e se ingerido
R26/28	Muito tóxico por inalação e se ingerido
R36/37	Irritante para os olhos e sistema respiratório
R36/37/38	Irritante para os olhos, sistema respiratório e para a pele
R36/38	Irritante para olhos e pele
R37/38	Irritante para o sistema respiratório e pele
R42/43	Pode causar sensibilização por inalação e contato com a pele
R48/22	Perigoso: risco de sérios danos para a saúde por exposição prolongada se ingerido
R50/53	Muito tóxico para organismos aquáticos, pode causar efeitos adversos de longo prazo no ambiente aquático
R51/53	Tóxico para organismos aquáticos: pode causar efeitos adversos de longo prazo no ambiente aquático
R52/53	Perigoso para organismos aquáticos: pode causar efeitos adversos de longo prazo no ambiente aquático

S1	Conservar bem trancado
S2	Manter fora do alcance das crianças
S3	Conservar em lugar fresco
S4	Manter longe de lugares habitados
S5	Conservar em... (líquido apropriado a especificar pelo fabricante) (1)
S6	Conservar em ... (gás inerte a especificar pelo fabricante) (2)
S7	Manter o recipiente bem fechado
S8	Manter o recipiente ao abrigo da humidade
S9	Manter o recipiente num lugar bem ventilado
S10	Manter o conteúdo húmido
S11	Evitar o contacto com o ar
S12	Não fechar o recipiente hermeticamente
S13	Manter longe de comida, bebidas incluindo os dos animais
S14	Manter afastado de... (materiais incompatíveis a indicar pelo fabricante)
S15	Conservar longe do calor
S16	Conservar longe de fontes de ignição - Não fumar
S17	Manter longe de materiais combustíveis
S18	Abrir manipular o recipiente com cautela

S20	Não comer nem beber durante a utilização
S21	Não fumar durante a utilização
S22	Não respirar o pó
S23	Não respirar o vapor/gás/fumo/aerosol
S24	Evitar o contacto com a pele
S25	Evitar o contacto com os olhos
S26	Em caso de contacto com os olhos lavar imediata e abundantemente em água e chamar um especialista
S27	Retirar imediatamente a roupa contaminada
S28	Em caso de contacto com a pele lavar imediata e abundantemente com... (produto adequado a indicar pelo fabricante) (3)
S29	Não deitar os resíduos no esgoto
S30	Nunca adicionar água ao produto
S33	Evitar a acumulação de cargas electrostáticas
S34	Evitar choques e fricções
S35	Eliminar os resíduos do produto e os seus recipientes com todas as precauções possíveis
S36	Usar vestuário de protecção adequado
S37	Usar luvas adequadas
S38	Em caso de ventilação insuficiente usar equipamento respiratório adequado
S39	Usar protecção adequada para os olhos/cara
S40	Para limpar os solos e os objectos contaminados com este produto utilizar ... (e especificar pelo fabricante)
S41	Em caso de incêndio e/ou explosão não respirar os fumos
S42	Durante as fumigações/pulverizações, usar equipamento respiratório adequado (denominação(ões) adequada(s) a especificar pelo fabricante)
S43	Em caso de incêndio usar... (meios de extinção a especificar pelo fabricante. Se a água aumentar os riscos acrescentar "Não utilizar água")
S44	Em caso de indisposição consultar um médico (se possível mostrar-lhe o rótulo do produto)
S45	Em caso de acidente ou indisposição consultar imediatamente um médico (se possível mostrar-lhe o rótulo do produto)
S46	Em caso de ingestão consultar imediatamente um médico e mostrar o rótulo ou a embalagem
S47	Conservar a uma temperatura inferior a ... °C (a especificar pelo fabricante)
S48	Conservar húmido com ... (meio apropriado a especificar pelo fabricante) (4)
S49	Conservar unicamente no recipiente de origem
S50	Não misturar com ... (a especificar pelo fabricante)
S51	Usar unicamente em locais bem ventilados
S52	Não usar sobre grandes superfícies em lugares habitados
S53	Evitar a exposição – obter instruções especiais antes de usar
S54	Obter autorização das autoridades de controlo de contaminação antes de despejar nas estações de tratamento de águas residuais
S55	Utilizar as melhores técnicas de tratamento antes de despejar na rede de esgotos ou no meio aquático
S56	Não despejar na rede de esgotos nem no meio aquático. Utilizar para o efeito um local apropriado para o tratamento dos resíduos
S57	Utilizar um contentor adequado para evitar a contaminação do meio ambiente
S58	Elimina-se como resíduo perigoso
S59	Informar-se junto do fabricante de como reciclar e recuperar o produto
S60	Elimina-se o produto e o recipiente como resíduos perigosos
S61	Evitar a sua libertação para o meio ambiente. Ter em atenção as instruções específicas das fichas de dados de Segurança
S62	Em caso de ingestão não provocar o vômito consultar imediatamente um médico e mostrar o rótulo ou a embalagem
S63	Em caso de inalação accidental, remover a vítima da zona contaminada e mantê-la em repouso
S64	Em caso de ingestão, lavar repetidamente a boca com água(apenas se a vítima estiver

	consciente)
<b>S1/2</b>	Conservar bem trancado e manter fora do alcance das crianças
<b>S3/7/9</b>	Conservar o recipiente num lugar fresco, bem ventilado e manter bem encerrado
<b>S3/9</b>	Conservar o recipiente num lugar fresco e bem ventilado
<b>S3/9/14</b>	Conservar num local fresco, bem ventilado e longe de ... (materiais incompatíveis a especificar pelo fabricante)
<b>S3/9/14/49</b>	Conservar unicamente no recipiente original num local fresco, bem ventilado e longe de ... (materiais incompatíveis a especificar pelo fabricante)
<b>S3/9/49</b>	Conservar unicamente no recipiente original, em lugar fresco e bem ventilado
<b>S3/14</b>	Conservar em lugar fresco e longe de ... (materiais incompatíveis a especificar pelo fabricante)
<b>S7/8</b>	Manter o recipiente bem fechado e num local fresco
<b>S7/9</b>	Manter o recipiente bem fechado e num local ventilado
<b>S20/21</b>	Não comer, beber ou fumar durante a sua utilização
<b>S24/25</b>	Evitar o contacto com os olhos e com a pele
<b>S27/28</b>	Em caso de contacto com a pele, retirar imediatamente toda a roupa contaminada e

lavar imediata e abundantemente com . . . (produto adequado a indicar pelo produtor)

- **S29/35:** Não deitar os resíduos no esgoto; não eliminar o produto e o seu recipiente sem

tomar as precauções de segurança devidas

- **S36/37:** Usar luvas e vestuário de protecção adequados
- **S36/37/39:** Usar luvas e vestuário de protecção adequados bem como protecção para os olhos/cara
- **S36/39:** Usar vestuário adequado e protecção para os olhos/cara
- **S37/39:** Usar luvas adequadas e protecção para os olhos/cara
- **S47/49:** Conservar unicamente no recipiente original e a temperatura inferior a ... °C (a especificar pelo fabricante)

(1) poderá ser água, parafina líquida, petróleo ou outro, dependendo da substância em causa.

(2) poderá ser azoto, argon, ou outro, dependendo da substância em causa.

(3) poderá ser água, solução de sulfato de cobre a 2%, glicol propilénico, polietilenglicol/etanol (1:1), água e sabão ou outro, dependendo da substância em causa.

(4) poderá ser água, petróleo, parafina líquida ou outro, dependendo da substância em causa.

*(nota: combinações em que falte o número S indicam frases que foram apagadas ou substituídas por outras.)*