

JOAN CARLOS STADELHOFFER

**POTENCIALIDADES DO PVC COMO MATERIAL DE ACABAMENTO
NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

JOINVILLE - SC

2008

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC

CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS – CCT

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

JOAN CARLOS STADELHOFFER

**POTENCIALIDADES DO PVC COMO MATERIAL DE ACABAMENTO
NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC – como requisito para colação de grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: João Miguel Rodrigues dos Santos

JOINVILLE

2008

JOAN CARLOS STADELHOFFER

**POTENCIALIDADES DO PVC COMO MATERIAL DE ACABAMENTO
NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC – como requisito para colação de grau de Bacharel em Engenharia Civil, apresentado pelo acadêmico Joan Carlos Stadelhofer, sendo considerado APROVADO, pela Banca examinadora composta dos seguintes professores:

Banca Examinadora:

Prof. MSc. João Miguel Rodrigues dos Santos – UDESC

Prof. Dr. Ana Mirthes Hackemberg – UDESC

Prof. MSc. Kelly Cristina Gonçalves Loureiro Dencker – UDESC

Joinville, 17 de Junho de 2008

À minha futura esposa Jéssica, por toda dedicação e carinho. À minha irmã Joseane. Aos meus sócios Cláudio e Claudinei. E especialmente aos meus pais Romeu e Otilia, os quais são as minhas razões de viver.

“O talento vence partidas, mas só o trabalho em equipe vence campeonatos”.

(Michael Jordan)

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é fruto de muito esforço, logo agradeço aos que de alguma forma participaram deste processo e colaboraram para a realização do mesmo.

Aos meus pais e noiva, por todo incentivo e orientação para a conclusão de mais esta jornada;

Aos amigos que fiz durante este período de UDESC Joinville;

Ao Professor João Miguel Rodrigues dos Santos pela orientação deste trabalho e pelo exemplo de profissionalismo;

Ao Professor Nelson Alvares Trigo pela amizade adquirida durante o curso;

Aos professores que dedicaram seu tempo precioso para a formação de mais uma turma de Engenheiros Civis.

RESUMO

Este trabalho de pesquisa tem como objetivo trazer informações sobre a evolução e aplicação do PVC na construção civil, mostrando a sua origem e principais características. Este material pode ser utilizado em diversos tipos de obras, não somente como tubos e conexões, mas também como acabamento. O PVC poderá ter um papel importante tanto em obras novas quanto em reformas, podendo substituir materiais tradicionais como a madeira, que é um recurso escasso. Tanto em Joinville e região como no restante do país já é realidade o uso de cercas, esquadrias e pisos de PVC, mas o material também pode ser utilizado em decks, sidings, e rodapés. Novas tecnologias foram desenvolvidas usando o PVC como matéria prima base na formulação, como o expandido e o extrudado com pó de madeira.

PALAVRAS-CHAVE: Polímero, PVC, Madeira.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Molécula básica do etileno.....	16
Figura 2 - Molécula básica do cloreto de vinila.....	16
Figura 3 - Esquema simplificado da produção de PVC.....	25
Figura 4 - Principais aplicações do PVC no Brasil em 2006.....	33
Figura 5 - Cerca de PVC com perfil tubular.....	35
Figura 6 - Cerca de PVC com perfil tubular.....	35
Figura 7 - Cerca de PVC com perfil retangular.....	36
Figura 8 - Cerca de PVC com perfil retangular.....	37
Figura 9 - Proteção de sacada com perfil de PVC.....	37
Figura 10 - Corrimão de PVC com perfil tubular.....	38
Figura 11 - Detalhe do forro de PVC.....	40
Figura 12 - Forro de PVC com tonalidade de madeira.....	40
Figura 13 - Forro de PVC em módulos.....	41
Figura 14 - Comparativo entre mercado americano e europeu de esquadrias de PVC.....	43
Figura 15 - Montagem dos cantos soldados de uma esquadria de PVC.....	44
Figura 16 - Detalhe da composição de uma esquadria de PVC.....	45
Figura 17 - Porta e janela de correr.....	46
Figura 18 - Janela guilhotina.....	46
Figura 19 - Janela maxim-ar.....	47
Figura 20 - Janela de abrir.....	47
Figura 21 - Janela fixa.....	48

Figura 22 - Detalhe siding PVC.....	49
Figura 23 - Detalhe perfil de arranque.....	50
Figura 24 - Detalhe perfil “J “.....	50
Figura 25 - Detalhe perfil arremate.....	51
Figura 26 - Detalhe perfil “H “	51
Figura 27 - Detalhe cantoneira interna.....	52
Figura 28 - Detalhe cantoneira externa.....	52
Figura 29 - Aplicação horizontal do siding vinílico.....	54
Figura 30 - Aplicação horizontal do siding vinílico.....	54
Figura 31 - Aplicação vertical do siding vinílico.....	55
Figura 32 - Piso de PVC em residência.....	57
Figura 33 - Piso de PVC em hospital.....	59
Figura 34 - Piso de PVC em indústria de cerveja.....	59
Figura 35 - Deck de PVC.....	62
Figura 36 - Deck de PVC.....	62
Figura 37 - Rodapé de PVC expandido com madeira.....	65
Figura 38 - Mercado americano de compósitos de fibras naturais.....	68
Figura 39 - Teste de queima de PVC com madeira.....	70
Figura 40 - Teste de queima de polipropileno com madeira.....	70
Figura 41 - Perfis diversos de PVC com madeira.....	72
Figura 42 - Perfis diversos de PVC com madeira.....	72
Figura 43 - Siding de PVC com madeira.....	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Consumo de PVC <i>per capita</i> em alguns países.....	32
Tabela 2 – Comparativo entre decks de PVC, concreto e madeira.....	63

LISTA DE ABREVIATURAS

PVC	- Poli Cloreto de Vinila
PEAD	- Polietileno de Alta Densidade
PET	- Politereftalato de Etileno
DCE	- Dicloro Etano
MVC	- Mono Cloreto de Vinila
NBR	- Norma Brasileira
ASTM – D	- American Society for Testing and Materials
PE	- Polietileno
PP	- Polipropileno
ACV	- Análise do Ciclo de Vida
USGBC	- United States Green Building Council

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	14
1 POLÍMEROS.....	15
1.1 DEFINIÇÃO.....	15
1.2 ORIGEM.....	17
1.3 PROPRIEDADES.....	17
1.4 DIVISÃO.....	19
1.5 EVOLUÇÃO NO ESTUDO DOS POLÍMEROS.....	20
2 CARACTERIZAÇÃO DOS TERMOPLÁSTICOS.....	23
2.1 PVC.....	24
2.2 OBTENÇÃO DO PVC.....	24
2.3 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO PVC.....	26
2.3.1 Resistência química dos compostos de PVC.....	27
2.3.2 PVC e o fogo.....	28
3 O PVC NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	31
3.1 CERCAS DE PVC.....	34
3.2 FORROS DE PVC.....	38
3.3 ESQUADRIAS DE PVC.....	42
3.3.1 Características das esquadrias de PVC.....	44
3.3.2 Tipos de esquadrias de PVC.....	45
3.4 SIDINGS DE PVC.....	48
3.4.1 Aplicações.....	53
3.4.2 Desempenho.....	56
3.5 PISO DE PVC.....	56
3.5.1 Piso de PVC na indústria.....	59
3.6 DECKS DE PVC.....	61
4 NOVAS TECNOLOGIAS COM O PVC.....	64
4.1 PVC EXPANDIDO.....	64
4.2 CARGAS E REFORÇOS.....	66

4.3 COMPÓSITOS DE POLÍMEROS E FIBRAS NATURAIS.....	66
4.3.1 Compósitos de PVC e madeira.....	69
4.4 PRINCIPAIS DESAFIOS E POTENCIALIDADES DESTA TECNOLOGIA.....	74
5 PVC E O MEIO AMBIENTE.....	75
5.1 O PVC É RECICLÁVEL.....	78
5.2 ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DO PVC.....	79
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82

INTRODUÇÃO

O mercado atual da construção está em constante transformação quanto à utilização de materiais que se adaptem aos diversos tipos de estruturas, com objetivo de manter os conceitos de funcionalidade e estética da edificação, não comprometendo o desenvolvimento sustentável. Esta pesquisa tem como objetivo demonstrar que o material, Poli Cloreto de Vinila (PVC) pode ser adotado em várias áreas da construção civil, além da infra-estrutura, que é a sua principal plataforma de consumo.

O PVC é um material plástico derivado do petróleo e do cloro. Este material é o segundo plástico mais produzido em todo o mundo. O uso global do PVC cresce a uma taxa de 4 a 7% ao ano, crescimento relacionado não só à sua versatilidade, mas também à sua facilidade de aplicação e processo produtivo.

Procurou-se demonstrar que o PVC vai além das suas utilizações atuais na infra-estrutura, como tubos e conexões, sua plataforma de sustentação há décadas, intensificando as possibilidades de uso também em acabamentos, alguns abordados nesta pesquisa.

O primeiro capítulo destina-se a falar do PVC como polímero, o segundo da sua obtenção e principais características; o terceiro de algumas das suas aplicações atuais em acabamento, como cercas, forros, esquadrias, pisos, decks e sidings. No quarto capítulo algumas aplicações que no Brasil ainda são encaradas como futuras, como o PVC extrudado com pó de madeira e o PVC expandido, e no quinto capítulo a relação do PVC com o meio ambiente.

1 POLÍMEROS

1.1 DEFINIÇÃO

Segundo Gorni (2004), um polímero é uma macromolécula formada pela repetição de pequenas e simples unidades químicas chamadas monômeros (do grego “mono”, “um” e “meros”, “parte”). Se somente uma espécie de monômero está presente na estrutura do polímero, este é chamado de homopolímero. Se espécies diferentes de monômeros são empregadas, o polímero recebe a denominação de copolímero.

Os monômeros estão dispostos como pérolas em um colar, um após o outro, portanto uma macromolécula assume um formato semelhante ao de um cordão. Pode-se concluir então que é difícil extrair as moléculas de um polímero, e como consequência também é difícil remover uma molécula de uma porção de plástico, pois as cadeias “seguram-se entre si” (GORNI, 2004).

O polietileno é um exemplo de polímero extremamente usado em embalagens de leite, é composto pela repetição de milhares de moléculas básicas de etileno. A letra n da ligação do etileno normalmente é superior a 10.000 unidades, o que significa que uma molécula de polietileno é constituída por 10.000 unidades de etileno. O parâmetro n pode ser definido então como sendo o grau de polimerização

do polímero ou o número de monômeros que constitui a macromolécula do polímero (GORNI, 2004).

A polimerização é uma reação em que as moléculas menores (monômeros) se combinam quimicamente para formar moléculas longas (macromoléculas). Na figura 01 e na figura 02 têm-se exemplos de homopolímeros, que é a formação de um polímero pela repetição de um único monômero (GORNI, 2004).

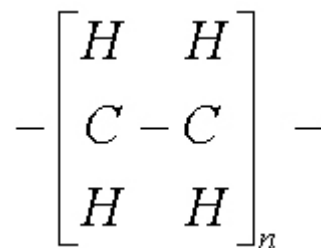


Figura 01 – Molécula básica do etileno
Fonte: Gorni, 2004.

No caso do PVC, o seu monômero é o cloreto de vinila.

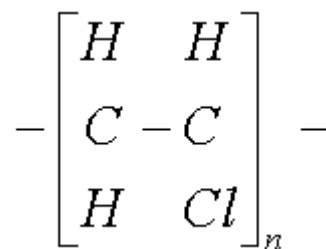


Figura 02 – Molécula básica do cloreto de vinila
Fonte: Gorni, 2004.

Um exemplo da composição de um copolímero é a macromolécula da borracha sintética que é formada pela repetição de dois monômeros: o estireno e o butadieno.

1.2 ORIGEM

Conforme Canevarolo (1998), a matéria prima que dá origem a um polímero chama-se monômero, a origem dos monômeros pode ser a mais variada. É possível obter monômeros do petróleo, gás natural, madeira, álcool, carvão e até do CO₂. Todas essas matérias-primas são ricas em carbono, o átomo principal dos materiais poliméricos.

Os monômeros obtidos nos dias de hoje vem do petróleo ou do gás natural, pois os outros meios de obtenção os tornam não competitivos. Atualmente o consumo se tornou tão elevado que os resíduos são produzidos intencionalmente nas refinarias para dar conta do consumo (CANEVAROLO, 1998).

1.3 PROPRIEDADES

Segundo Canevarolo (1998), a década de 1920 foi decisiva para o surgimento dos polímeros modernos, os quais vêm se destacando ao decorrer dos anos pelas vantagens de suas propriedades físicas em relação a outros materiais comumente usados. Dentre elas pode-se destacar:

- Leveza: São materiais com baixa densidade se comparado a outros materiais comumente usados. Um exemplo é o polietileno que é três vezes mais leve que o alumínio e 8 vezes mais leve que o aço;

- Flexibilidade: Conforme o tipo de polímero e o aditivo utilizado na sua formulação ele torna-se um material com uma faixa de flexibilidade bastante ampla;

- Resistência: A comprovação está em alguns produtos que exigem resistência ao impacto e transparência ao mesmo tempo, que estão sendo substituídos por polímeros. Pode-se citar como exemplo: lentes de óculos, faróis de carros e vidros de trens de subúrbio, cujos materiais em sua maioria são policarbonatos;

- Temperatura de Processamento: A maioria dos polímeros requer uma temperatura de aquecimento entre temperatura ambiente e 250°C, o que significa baixo consumo de energia para conformação. Alguns plásticos especiais requerem temperaturas um pouco mais elevadas, em torno de 400°C;

- Condutividade Elétrica: Os polímeros não contêm elétrons livres, responsáveis pela condução de eletricidade nos metais, por isso são altamente indicados para aplicações onde se requeira isolamento elétrico. Há casos especiais em que os polímeros podem ter alta condutividade elétrica, caso ocorrido no prêmio Nobel do ano 2000 onde cientistas sintetizaram polímeros com esta característica;

- Condutividade Térmica: Os polímeros são altamente recomendados em aplicações que requeiram isolamento térmico, particularmente na forma de espumas. A sua condutividade térmica é cerca de mil vezes menor que a dos metais, devido a ausência de elétrons livres, o que dificulta a condução de calor;

- Corrosão: Os tipos de ligações químicas presentes nos plásticos lhes conferem maior resistência à corrosão em relação aos metais, seja por oxigênio ou

por outros produtos químicos, contudo não significa que sejam invulneráveis. De maneira geral os polímeros são atacados por solventes orgânicos que apresentam estrutura similar a eles, thinner, acetona e derivados;

Uma das principais características dos polímeros é o ajuste das suas propriedades através de aditivos. O processo consiste em acrescentar materiais na formulação que permitam um ajuste fino nas suas propriedades, mas que consigam resultados significativos no produto final, como resistência mecânica e flexibilidade. Um exemplo a ser citado é o “negro de fumo”, que acrescentado em pneus e filmes para agricultura aumentam a resistência mecânica e a resistência ao ataque por ozônio e raios ultravioleta. Aditivos plastificantes no caso do PVC podem alterar suas características tornando-o rígido ou flexível (CANEVAROLO, 1998).

1.4 DIVISÃO

Conforme Canevarolo (1998), existem diversas maneiras de se dividir os polímeros, cujo tamanho e estrutura da molécula determinam as propriedades do material plástico, mas talvez a classificação conforme as características mecânicas seja a mais importante. A classificação decorre da configuração das moléculas do polímero e, sob este aspecto, os polímeros podem ter três tipos de classificação: Termoplásticos, Termorrígidos e Elastômeros:

- Termoplásticos: Os termoplásticos são os populares plásticos, que constituem a maior parte dos polímeros comerciais. A principal característica dos plásticos é que podem ser fundidos diversas vezes, e dependendo do tipo do plástico podem dissolver-se em vários solventes. A vantagem é que, quando

aquecidos, os plásticos amolecem, podendo ser moldados, e quando resfriados podem assumir uma nova forma;

- Termorrígidos: Os plásticos termorrígidos ou termofixos são aqueles que não se fundem quando aquecidos, são rígidos, frágeis, e também estáveis a variações de temperatura. Uma vez pronto, o seu aquecimento em altas temperaturas promove decomposição do material antes da sua fusão, o que dificulta a sua reutilização. Como exemplo tem-se o poliuretano rígido, e o poliéster que é usado em carrocerias e piscinas;

- Elastômeros: Os elastômeros são uma classe intermediária entre os termoplásticos e os termorrígidos. Seu principal problema é a incapacidade de fusão, de forma análoga aos termorrígidos, mas apresentam alta elasticidade.

1.5 EVOLUÇÃO NO ESTUDO DOS POLÍMEROS

Conforme Gorni (2004), durante a cronologia de evolução da tecnologia dos polímeros, nota-se que os mesmos tiveram um certo atraso para surgir comercialmente a nível mundial, fato ocorrido somente nos últimos 50 anos.

Os polímeros são compostos orgânicos baseados em átomos de carbono, portanto suas reações químicas são regidas pela química orgânica. Este tipo de reação é de difícil execução em laboratório (GORNI, 2004).

Até a primeira metade do século XIX acreditava-se na teoria da força vital, cuja afirmação era de que reações orgânicas só são possíveis no interior de seres vivos, através de uma força vital. Até o século passado somente era possível utilizar

polímeros produzidos naturalmente, pois não havia tecnologia disponível para promover reações entre compostos de carbono. Em meados de 1860 já existia a moldagem industrial de plásticos naturais reforçados com fibras, aplicados em máquinas fotográficas (GORNI, 2004).

A teoria da força vital foi derrubada em 1828 a partir da sintetização da uréia em laboratório. Com a derrubada da teoria da força vital, as pesquisas sobre química orgânica se multiplicaram, criando base para o desenvolvimento dos materiais poliméricos. Ainda não havia tecnologia disponível para sintetizar polímeros a nível industrial, mas já era possível alterar polímeros naturais para torná-los adequados a certas aplicações (GORNI, 2004).

Em 1907 foram sintetizadas resinas de fenol-formaldeído, que vieram tornar-se os primeiros plásticos totalmente sintéticos em escala comercial, contudo dúvidas sobre a real natureza desses materiais ainda existiam. A idéia de macromoléculas era estranha, e muitos acreditavam que os polímeros eram colóides, ou seja, associações físicas de pequenas moléculas. O avanço dos estudos sobre polímeros ficou estagnado por algum tempo até que na década de 1920 foram sedimentados os conceitos sobre as macromoléculas (GORNI, 2004).

O período entre 1920 e 1950 foi importante e decisivo para o surgimento dos polímeros modernos. Restrições foram impostas às fontes de borracha natural e outras matérias primas com a segunda guerra mundial, o que motivou o desenvolvimento de processos industriais para o desenvolvimento de plásticos similares à borracha, principalmente o PVC plastificado (GORNI, 2004).

O autor ainda comenta que na década de 1960 surgem os chamados plásticos de engenharia, materiais de alto desempenho que começam a desafiar materiais tradicionais em diversas aplicações. Neste mesmo período surgem ainda

os plásticos com comportamento de borracha, chamados de elastômeros termoplásticos, desenvolvidos a partir da engenharia de macromoléculas. Começam a aparecer os tanques de combustível feitos em PEAD, garrafas de PET, e sacolas em PEAD.

Na década de 1980 observa-se um certo amadurecimento da tecnologia dos polímeros, pois o ritmo do desenvolvimento diminui, enquanto o interesse de colocar em escala comercial os resultados conseguidos aumenta (GORNI, 2004).

2 CARACTERIZAÇÃO DOS TERMOPLÁSTICOS

Os termoplásticos, ou simplesmente plásticos, são formados pela união de grandes cadeias moleculares chamadas polímeros, que por sua vez são formados por moléculas menores chamadas de monômeros. A característica principal dos plásticos é que não sofrem alterações na sua estrutura química durante o aquecimento, e que podem ser novamente fundidos após o resfriamento (GORNI, 2004).

Segundo o referido autor todo plástico consumido no Brasil até a década de 1970 era importado. A partir de então, com o surgimento da indústria petroquímica nacional, começaram a ser implantadas as primeiras unidades de produção de resina plástica. Hoje entre produtoras de resinas e transformadoras de plásticos, existem aproximadamente seis mil empresas no país.

O autor ainda afirma que a grande corrida da indústria moderna é reduzir custos de manutenção e produção, o que tem orientado o mercado a substituir materiais tradicionais por materiais sintéticos, o que mantém a eficiência e diminui os custos. Os plásticos estão entre os materiais sintéticos de maior aplicação, pois podem ser modelados sob ação térmica e mecânica.

2.1 PVC

O PVC é um dos plásticos mais versáteis, sendo um dos materiais mais estudados e utilizados na atualidade. Foi patenteado como fibra sintética a mais de oitenta anos. A primeira produção comercial do PVC ocorreu nos Estados Unidos na década de 20. Os alemães conseguiram produzi-lo por volta dos anos 30, e os britânicos só conseguiram iniciar sua produção no início da década de quarenta (BRASKEM, 2006).

Nos últimos quarenta anos a resina plástica Polivinil Cloreto (PVC) tornou-se um dos materiais mais empregados na construção civil. A produção global de PVC está em mais de 30 milhões de toneladas por ano, sendo a maioria desta produção voltada diretamente para construção civil (BRASKEM, 2006).

2.2 OBTENÇÃO DO PVC

O PVC é o único material plástico que não depende exclusivamente do petróleo, 57% da sua formulação é o cloro. O cloro é derivado do sal de cozinha que é um recurso renovável na natureza. Os outros 43% são de eteno que é derivado do petróleo. Um ponto positivo que vale destacar é que somente 4% do consumo total do petróleo é utilizado para fabricar materiais plásticos, e o PVC corresponde somente a uma oitava parte desta quantidade (GORNI, 2004).

A preparação começa em uma refinaria onde o petróleo bruto é separado em seus vários componentes por meio de um processo chamado destilação. Deste processo se obtém o gás, a gasolina, o petróleo e a nafta, entre outros componentes. A nafta é o destilado mais importante, pois ela é quebrada dando origem aos carboidratos, dentre eles o etileno. A partir do sal marinho pelo processo de eletrólise, obtém-se o cloro, soda cáustica e hidrogênio. Tanto o cloro como etileno estão na fase gasosa onde eles reagem produzindo o dicloro etano, ou (DCE). A partir do dicloro etano obtém-se o mono cloreto de vinila ou (MVC), unidade básica do PVC. As moléculas de MVC são submetidas ao processo de polimerização e vão se ligando umas às outras formando uma molécula maior conhecida como PVC (INSTITUTO DO PVC, 2008a).

A figura 03 sintetiza o processo de produção do PVC, que no final, através da adição de aditivos, formam o composto de PVC.

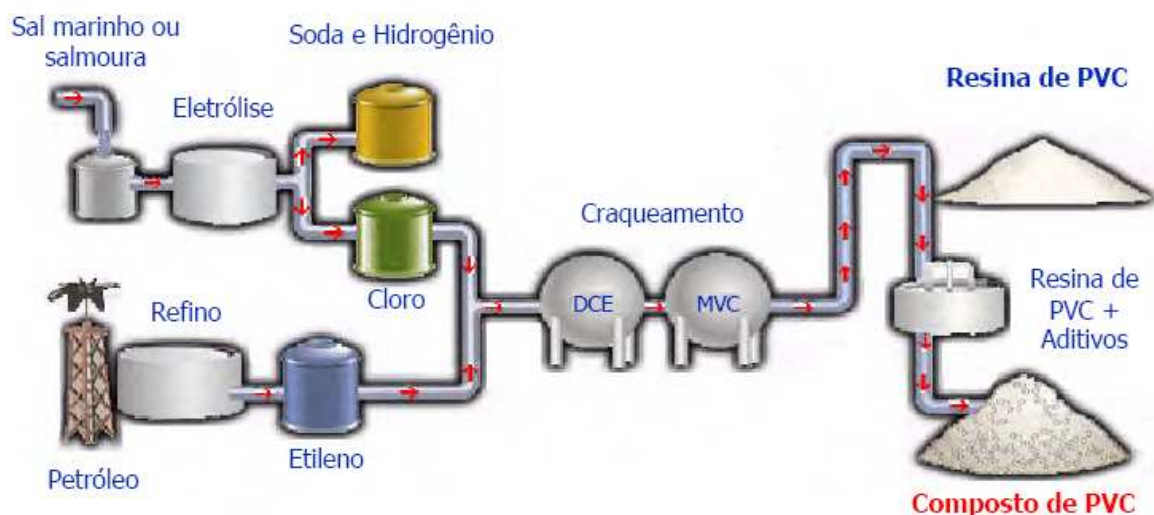


Figura 03 – Esquema simplificado de produção do PVC
Fonte: Instituto do PVC, 2008a.

2.3 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO PVC

Segundo o Instituto do PVC (2008b), produzido a partir do sal e do petróleo, o PVC é um dos plásticos mais utilizados na atualidade. Já é sabido que o PVC é um material versátil, mas ainda existem algumas características que o tornam um material competitivo na construção, dentre elas pode-se citar as seguintes:

- Durabilidade: Produto feito com o PVC tem uma vida útil superior a 50 anos, fator que facilita e viabiliza sua aplicação na construção civil;

- Não inflamável: Talvez a principal característica com suma importância na construção civil, inclusive podendo até influenciar no seguro de um imóvel. O PVC não queima e não inflama sozinho devido ao cloro existente em sua molécula. Por este motivo é muito utilizado como isolante em fios e cabos elétricos;

- Baixa densidade: O PVC tem uma densidade de $1,4 \text{ g/cm}^3$, o que o torna um material de fácil manuseio e aplicação;

- Agentes biológicos e químicos: Uma vantagem muito importante do PVC é a sua ótima resistência aos agentes biológicos, pode ser exposto a fungos, bactérias, brocas, cupins, o que lhe permite aplicações das mais variadas, inclusive em ambientes externos sujeitos a diversas agressões, como o litoral e cidades com altos índices de poluição.

2.3.1 Resistência Química dos Compostos de PVC

A excelente resistência química do PVC torna este material particularmente adequado para uma série de aplicações nas quais essa propriedade é de grande importância (BRASKEM, 2006).

Segundo Braskem (2006), a elevada resistência química do PVC, particularmente na forma de compostos rígidos, é motivo de sua presença em produtos como, tubos para condução de água e esgoto, fios e cabos elétricos, eletrodutos, dentre outros.

O ataque químico que o PVC sofre é diferente do que ocorre em metais. Enquanto nos metais o ataque se limita normalmente à superfície, com eventual perda de massa, no PVC o ataque geralmente envolve absorção do reagente químico com posterior amolecimento ou inchamento do material, podendo até ganhar massa. Por outro lado, a perda de massa pode ocorrer em casos onde haja a dissolução do PVC pelo reagente químico (BRASKEM, 2006).

A avaliação da resistência química de um composto de PVC deve levar em conta que o mesmo consiste na mistura homogênea de resina e aditivos diversos (estabilizantes, lubrificantes, cargas, pigmentos e, no caso dos flexíveis, plastificantes). Cada componente presente no composto apresenta um comportamento diferente diante de cada reagente químico; portanto, a resistência química deve levar em conta particularidades de cada formulação (BRASKEM, 2006).

Segundo Braskem (2006), mesmo nos casos em que o reagente dissolve ou ataca fortemente o composto de PVC, fatores como concentração do reagente,

miscibilidade do reagente com outras substâncias presentes nas condições de uso e temperatura, devem ser levados em consideração.

Segundo Braskem (2006), pode-se analisar a resistência do PVC a determinadas substâncias da seguinte forma:

- Água e soluções diluídas: O PVC rígido absorve água em temperaturas elevadas, sofrendo pequeno inchamento. Esse efeito é reduzido ainda mais se a água apresentar alguma substância dissolvida. Essa discreta absorção de água não é considerada ataque químico. Nenhuma falha no PVC foi observada devido ao contato com a água ou soluções diluídas.

- Ácidos: O PVC rígido é altamente resistente a ácidos fortes, apesar de sofrer ataque por alguns ácidos oxidantes em altas concentrações.

2.3.2 PVC e o fogo

Segundo Braskem (2006), o elevado teor de cloro intrínseco à estrutura química do material, igual a aproximadamente 57% em peso, é responsável pelo baixo índice de inflamabilidade e alta taxa de extinção de chamas no processo de combustão, tornando-o indicado para aplicações utilizadas na construção civil, que requeiram alta resistência ao fogo.

As formulações de PVC são muito resistentes à ignição e propagação de chamas, sendo que o processo de combustão ocorre somente quando uma fonte de energia ou chama externa é permanentemente aplicada sobre o material. Uma vez retirada essa fonte de energia, o processo de combustão encerra-se imediatamente, podendo o PVC ser considerado auto-extinguível (BRASKEM, 2006).

Todo e qualquer material em condições de incêndio gera gases durante sua combustão, esses gases podem ser divididos em asfixiantes e irritantes. Qualquer material de origem orgânica que contenha em sua estrutura carbono e hidrogênio, como é o caso do PVC, gera dióxido de carbono, monóxido de carbono e vapor de água durante o processo de combustão. Tanto o dióxido quanto o monóxido de carbono são considerados gases asfixiantes, uma vez que deslocam o oxigênio do ambiente, tornando o ar não respirável (BRASKEM, 2006).

Conforme Braskem (2006), o PVC, devido à presença do cloro em sua estrutura química, forma ainda cloreto de hidrogênio durante sua combustão. O cloreto de hidrogênio é um gás irritante, sendo facilmente detectado pelo odor, servindo portanto como alarme.

Segundo Braskem (2006), o PVC pode ser considerado um material antichama por exibir algumas características importantes, dentre as quais:

- a) alta temperatura de ignição, ou seja, altas temperaturas são necessárias para que o PVC entre em ignição;
- b) baixa taxa de liberação de calor na combustão, contribuindo pouco para aumentar extensão das chamas durante um incêndio;
- c) combustão com carbonização superficial, isolando o material do oxigênio necessário à manutenção da combustão;
- d) formação de cloreto de hidrogênio durante o processo de combustão, agindo como inibidor desse processo;
- e) alto valor de índice limite de oxigênio (LOI). O LOI é a concentração mínima de oxigênio necessária na atmosfera do ambiente onde ocorre o incêndio para a manutenção da combustão. O PVC apresenta valores de LOI de 30 a 45%,

sendo que a concentração de oxigênio na atmosfera é de 20% aproximadamente, ou seja, quantidade insuficiente para a manutenção da combustão.

O autor ainda comenta que em função dessas características, o PVC é mundialmente considerado um material seguro para diversas aplicações na construção civil, reduzindo os riscos de Incêndio e contribuindo para a segurança do local. De acordo com a norma brasileira ABNT NBR 9442, o PVC é classificado como material de baixo índice de propagação de chamas, apresentando baixa velocidade de propagação superficial de chamas com desenvolvimento de pequena quantidade de calor durante o processo de combustão.

3 O PVC NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Até pouco tempo o PVC estava limitado a ficar oculto dentro de paredes e embaixo de pisos, como tubos e conexões. Tendência no mercado internacional, o PVC hoje ocupa cada vez mais espaços nobres na construção e na decoração, se tornando uma opção importante na hora de construir, atendendo às exigências técnicas e estéticas de projetos contemporâneos (BRASKEM, 2006).

Versatilidade, facilidade de design, durabilidade, baixa manutenção, são algumas das características já citadas anteriormente e que fazem com que o PVC conquiste cada vez mais espaço na construção civil. Hoje 64% da demanda do PVC no Brasil está atrelada ao mercado da construção (BRASKEM, 2006).

A capacidade mundial de produção de resinas de PVC está estimada em cerca de 31 milhões de toneladas ao ano. O Brasil é responsável atualmente por aproximadamente 2,5% desta demanda. O consumo *per capita* no país é de aproximadamente 4Kg/hab/ano, considerado baixo, se comparado com países mais desenvolvidos, dados que mostram o verdadeiro potencial de consumo da demanda de resinas de PVC. A tabela 01 que segue mostra o consumo *per capita* de diversos países em comparação ao consumo brasileiro (BRASKEM, 2006).

TABELA 1 – Consumo de PVC *per capita* em alguns Países

País/Região	Consumo <i>per capita</i> (kg/hab/ano) 1998
Taiwan	44,6
Canadá	21,0
Estados Unidos	20,1
Europa Ocidental	14,4
Japão	13,4
Europa Oriental	4,9
Oriente Médio	4,3
Argentina	4,0
América do Sul	4,0
Brasil	3,9
Colômbia	3,8
México	3,1
China	2,2
Venezuela	1,3
África	1,1
Índia	0,8
Antiga URSS	0,6
Média Mundial	4,4

Fonte: Braskem, 2002a, página 09.

O PVC é o mais versátil dentre os plásticos devido à incorporação de aditivos, sendo por esse motivo utilizado nos mais diversos segmentos de mercado. A figura 04 mostra as principais aplicações do PVC no Brasil em 2006 (BRASKEM, 2006).

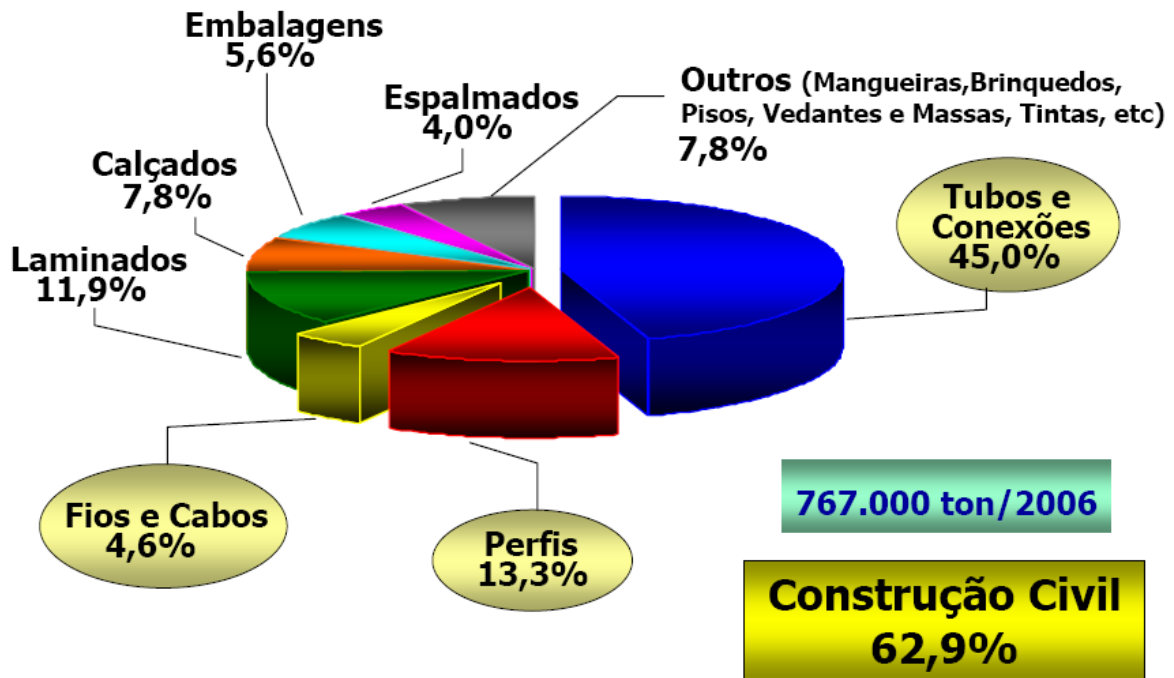


Figura 04 – Principais aplicações do PVC no Brasil em 2006
 Fonte: Braskem, 2007.

De acordo com a figura 04, nota-se que as aplicações do PVC ligadas a construção civil somam aproximadamente 63% da demanda total do Brasil, contudo pode-se verificar que dos 63%, 45% giram em torno de infra estrutura, ou seja: tubos e conexões. Vale destacar o potencial dos perfis, com crescimento significativo nos últimos anos, alavancado por aplicações em esquadrias, revestimentos internos e externos (BRASKEM, 2006).

Verificadas as estatísticas, nota-se que na atualidade, o PVC surge com potencial cada vez maior, conquistando mais espaço no acabamento das edificações.

3.1 CERCAS DE PVC

Conforme Pevecerca (2008), as cercas de PVC fornecem design equivalente às cercas feitas com materiais tradicionais, como a madeira e o ferro. O produto é leve, resistente à água e a radiação solar ultravioleta, de fácil instalação e manutenção, com uma durabilidade alta. As cercas de PVC oferecem beleza aos jardins dos ambientes externos das residências e a outros locais que necessitem de proteção ou delimitação.

Segundo Pevecerca (2008), dentre os vários tipos de cercas e combinações possíveis para o PVC, pode-se destacar algumas tipologias e formatos, para diversas finalidades, tanto estéticas quanto para proteção:

a) Cercas que substituem perfis de ferro, tem a vantagem de que nunca vão oxidar, e não precisam de pintura. Como são confeccionadas com tubos de PVC de diâmetros variados podem assumir vários formatos como pode ser visto nas figuras 05 e 06.



Figura 05 – Cerca de PVC com perfil tubular
Fonte: Pevecerca, 2008.



Figura 06 – Cerca de PVC com perfil tubular
Fonte: Pevecerca, 2008.

b) Cercas que podem proporcionar um ambiente com mais privacidade, não apenas delimitando, mas protegendo e dificultando o acesso ao ambiente interno. Os perfis de PVC são montados de forma que se crie uma superfície contínua, limitando a visibilidade. Os perfis podem ser de diversos tipos, de acordo com a necessidade do cliente, conforme figura 07.



Figura 07 – Cerca de PVC com perfil retangular
Fonte: ketamy, 2008.

c) Cercas que delimitam o ambiente, são formadas por perfis extremamente parecidos com a madeira com a vantagem de possuir uma manutenção bem inferior, podendo ser usadas em fazendas, como se pode ver na figura 08.



Figura 08 – Cerca de PVC com perfil retangular
Fonte: ketamy, 2008.

d) Perfis retangulares e tubulares que protegem sacadas e corrimões de escadas nos mais diversos tipos de edificações, exemplificadas nas figuras 09 e 10.



Figura 09 – Proteção de sacada com perfil de PVC
Fonte: Pevecerca, 2008.



Figura 10 – Corrimão de PVC com perfil tubular
Fonte: Pevecerca, 2008.

3.2 FORRO DE PVC

Em ambientes comerciais, residenciais ou industriais, os forros de PVC ainda surpreendem alguns profissionais, porque conseguem conferir conforto e acabamento de bom padrão estético aos ambientes. Os forros de PVC são competitivos pelo fato de serem práticos, versáteis, e apresentarem uma grande variedade de cores (PLÁSTICOS VIPAL, 2008).

Este material vem sendo muito utilizado em ambientes internos, com destaque para as áreas úmidas. A praticidade e beleza está cada vez mais presente em salas e corredores, principalmente em hotéis onde se torna uma alternativa de

acabamento com um bom custo-benefício, além da baixa manutenção (PLÁSTICOS VIPAL, 2008).

Segundo Plásticos Vipal (2008), o forro de PVC tem uma característica muito importante que é a assepsia, que o torna um produto especialmente indicado em locais como hospitais, clínicas, escolas, consultórios médicos, farmácias e restaurantes. O forro de PVC também é muito utilizado em coberturas de postos de gasolina, supermercados, lojas, indústrias e residências. No caso de exposições em ambientes cujas temperaturas sejam extremas, tanto positivas quanto negativas, aconselha-se evitar o uso do forro de PVC:

- Em ambientes com temperaturas de até 60°C o forro se comporta de forma normal, acima desta temperatura ele tende a perder suas propriedades, além de estar sujeito a deformações;

- Ambientes com temperaturas próximas de zero, no caso de câmaras frias ou ambientes externos que tenham temperaturas baixas, não se recomenda porque o forro pode se tornar quebradiço.

O forro de PVC tem como característica o encaixe tipo macho e fêmea. Atualmente as empresas estão inovando com a fabricação de peças imitando madeira que nos remete aos famosos lambris de madeira. De modo geral o forro de PVC pode ser de dois tipos, linear e modular (PLÁSTICOS VIPAL, 2008).

- Lineares: Forros com largura máxima de 250mm e comprimento de no máximo 6000mm, são usados preferencialmente onde não houver necessidade de manutenção na parte superior, como pode ser visto nas figuras 11 e 12;

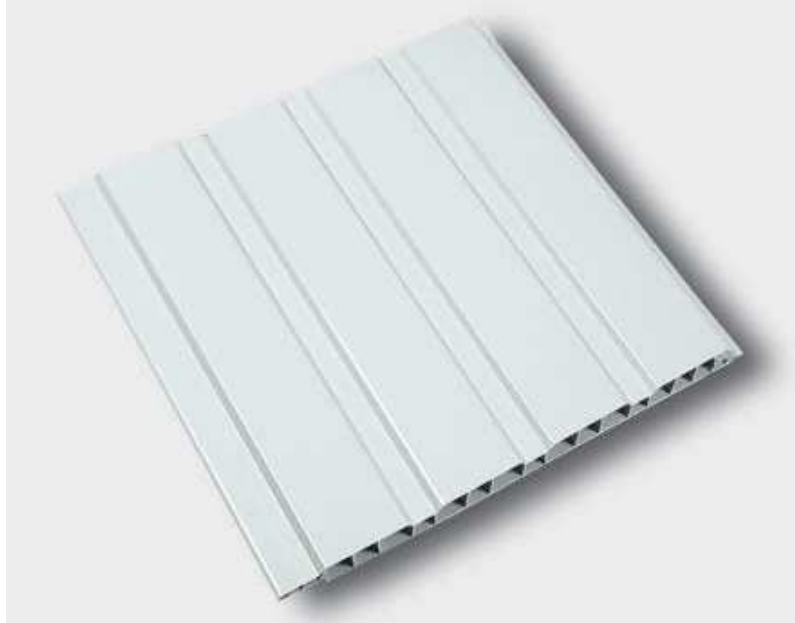


Figura 11 – Detalhe do forro de PVC
Fonte: Plásticos Vipal, 2008.



Figura 12 – Forro de PVC com tonalidade de madeira
Fonte: Plásticos Vipal, 2008.

- Modulares: Forros produzidos em módulos de aproximadamente 500mm de largura e 2500mm de comprimento, variando de empresa para empresa, são ideais para locais onde exista necessidade de manutenção na parte superior, como pode ser visto na figura 13.



Figura 13 – Forro de PVC em módulos
Fonte: Plásticos Vipal, 2008.

Segundo Plásticos Vipal (2008), o mercado de forros de PVC está mais estruturado, isto porque hoje existem características mínimas a ser obedecidas pelas indústrias, configuradas na NBR 14285 – Perfil de PVC rígido para forros.

3.3 ESQUADRIAS DE PVC

Iluminar, ventilar, proteger dos ruídos externos, do frio e do calor excessivos. São muitas as exigências a que uma esquadria deve atender, em função dos conceitos do projeto e das necessidades dos usuários da edificação, seja residencial, comercial ou industrial (SQUADRA PVC, 2008).

A utilização de PVC como material de construção para perfis de esquadrias iniciou-se entre 1955 e 1960 na Alemanha, e na década de 1980 no Brasil. Quando se trata da fabricação de portas e janelas a primeira palavra que vem em mente inevitavelmente é a madeira, pois ela tem sido por muitos anos o material mais utilizado na sua fabricação (SQUADRA PVC, 2008).

O referido autor ainda comenta que o alumínio também vem sendo muito utilizado, mas nas duas últimas décadas é notório que o uso do PVC vem ganhando importância na fabricação de esquadrias. As esquadrias de PVC possuem uma vida média de 50 anos, sem a necessidade de manutenção de maior grau para o seu perfeito funcionamento.

Segundo Squadra PVC (2008), há uma grande variedade de esquadrias de PVC disponível no mercado, o que proporciona uma grande liberdade de escolha e composição de projetos para as janelas, tais como hexagonais, triangulares, oblíquas, arco e semi-arco.

Devido à estética do material, à durabilidade, à ausência de manutenção e ao seu ótimo desempenho, hoje a esquadria de PVC é líder em vários mercados europeus e também nos Estados Unidos, como se pode ver na figura 14 (SQUADRA PVC, 2008).

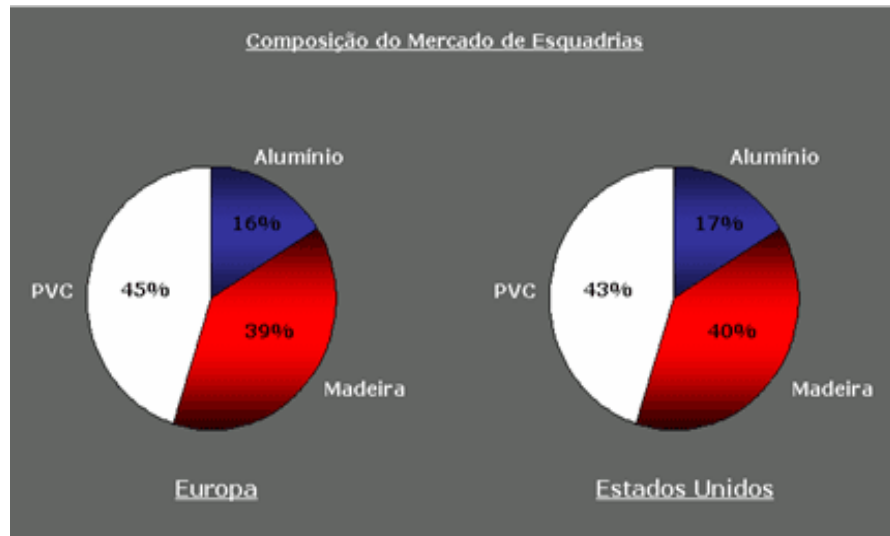


Figura 14 – Comparativo entre mercado europeu e americano de esquadrias de PVC
 Fonte: Squadrapvc, 2008.

O fato das esquadrias serem produzidas com o PVC faz com que as mesmas adotem algumas características do material, como vedação contra água e vento, e vedação acústica, o que diminui a transmissão dos ruídos externos e ameniza as variações climáticas; não precisam ser pintadas, não mancham e nem perdem o brilho, são resistentes à poluição atmosférica, salinidade, e não oxidam (PENZETE. J.H. 2007).

As esquadrias de PVC são fornecidas completas, com vidros e acessórios de primeira linha, permitem uma instalação simples e dispensam manutenção. A limpeza é feita apenas com água e sabão; estão disponíveis em diversas medidas e formatos, inclusive especiais sob encomenda, e devido à utilização de cantos soldados, como mostra a figura 15, tem-se uma garantia de estanqueidade (PENZETE. J.H. 2007).



Figura 15 – Montagem dos Cantos soldados de uma esquadria
Fonte: Braskem, 2002.

3.3.1 Características das esquadrias de PVC

Os vidros das esquadrias de PVC podem ser simples, duplos, ou até triplos, que só é possível por causa dos perfis fabricados conforme a necessidade do projeto, e sempre com perfis de aço incorporados para garantir estabilidade e acomodar as folhas de vidro, conforme a figura 16. Os acessórios constituídos por trinco, fechadura, e braço de acionamento, são de alumínio (BRASKEM, 2002).



Figura 16 – Detalhe da composição de uma esquadria de PVC
 Fonte: Braskem, 2002.

3.3.2 Tipos de esquadrias de PVC

Segundo Braskem (2002), todas as portas e janelas existentes no mercado são classificadas de acordo com a sua movimentação ou movimentação de suas folhas. As partes fixas e móveis do sistema de uma janela ou porta permitem trabalhar com um mix de diferentes tipologias, para atender a circulação de ar, o conforto e a iluminação. Dentre os vários tipos existentes, as tipologias mais comuns são:

a) Janela de correr: Formada por uma ou mais folhas, movimentadas horizontalmente sobre trilho colocados na parte inferior da janela, como pode ser visto na figura 17.



Figura 17 – Porta e janela de correr
Fonte: Projetando com PVC, 2008.

b) Janela guilhotina: Formada por uma ou mais folhas que deslizam no plano vertical da janela, como pode ser visto na figura 18.

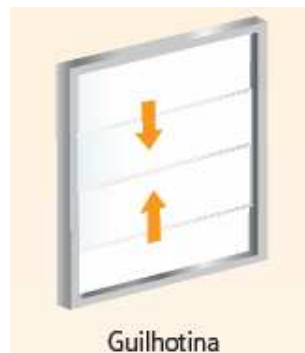


Figura 18 – Janela guilhotina
Fonte: Projetando com PVC, 2008.

c) Janela Maxim-ar: Formada por uma ou mais folhas, que podem ser movimentadas em torno de um eixo horizontal que é fixado normalmente na parte superior da esquadria, com translação simultânea, como pode ser visto na figura 19.



Figura 19 – Janela maxim-ar
Fonte: Projetando com PVC, 2008.

d) Janela abrir: Formada por uma ou mais folhas, que podem ser movimentadas mediante rotação em torno de eixos verticais fixos, coincidentes com as laterais da folha, como pode ser visto na figura 20.



Figura 20 – Janela de abrir
Fonte: Projetando com PVC, 2008.

e) Janela fixa: Janela caracterizada por ser totalmente fixa, tanto o vidro como o caixilho. Tem como característica principal a ausência de contato do meio externo com o interno, como pode ser visto na figura 21.



Figura 21 – Janela Fixa
Fonte: Projetando com PVC, 2008.

3.4 SIDINGS DE PVC

Segundo Metálica (2008), o revestimento de fachadas é sem dúvida um dos itens de maior preocupação na obra. A parte externa de um imóvel é a que está mais sujeita às condições climáticas, ao sol, a chuva, ao vento, granizo e à neve, fatores que também contribuem para o desgaste estético das fachadas é a ação de agentes poluentes liberados por indústrias e automóveis. Na atualidade é importante o uso de materiais que facilitem o trabalho de manutenção, que cada vez mais fazem parte das especificações de Arquitetos e Engenheiros. Beleza, durabilidade, e facilidade de manutenção, são as principais características do siding vinil, um sistema de revestimento de lâminas de PVC rígido que pode ser aplicado na horizontal ou na vertical.



Figura 22 – Detalhe siding de PVC
Fonte: Wallrevest, 2008.

Segundo Metálica (2008), o siding vinil é o termo utilizado para descrever um sistema de revestimento para fachadas, onde são utilizados perfis rígidos de PVC, que são fornecidos em barras de 25cm por 6m de comprimento, e está disponível em várias cores.

O referido autor ainda comenta que além dos painéis em forma de barra, o sistema compõe-se de perfis de fixação, arremates para cantos, portas e janelas, forros de beirais e outras peças de acabamento para o complemento da decoração. As tipologias mais comuns de perfis de fixação são:

a) Perfil arranque: Utilizado para travar a primeira placa do siding vinílico, conforme figura 23.

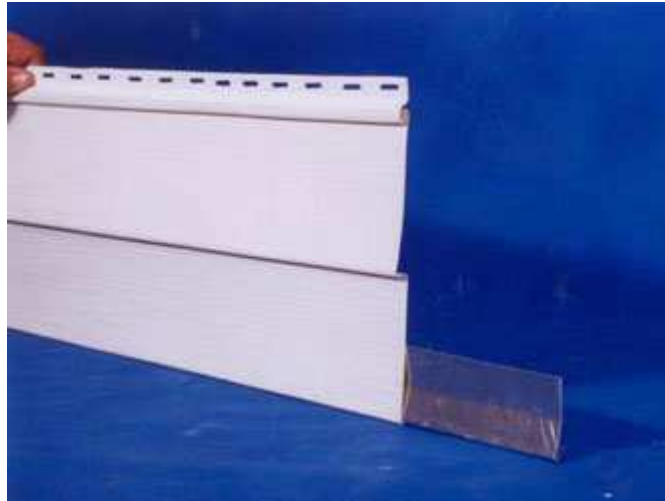


Figura 23 – Detalhe perfil arranque
Fonte: Wallrevest, 2008.

b) Perfil “J”: Propicia o acabamento nos contornos da edificação, como mostra a figura 24.



Figura 24 – Detalhe perfil “J”
Fonte: Wallrevest, 2008.

c) Perfil de arremate: Garante o travamento da última placa do siding, como mostra a figura 25.

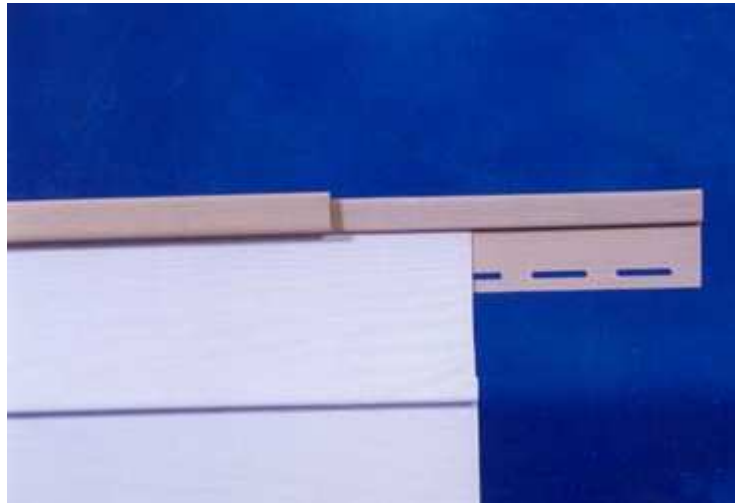


Figura 25 – Detalhe perfil arremate
Fonte: Wallrevest, 2008.

d) Perfil “H”: Promove a união de topo das peças, como mostra a figura 26.



Figura 26 – Detalhe perfil “H”
Fonte: wallrevest, 2008.

e) Cantoneira interna: Propicia o acabamento nos ângulos internos, como mostra a figura 27.



Figura 27 – Detalhe cantoneira interna
Fonte: Wallrevest, 2008.

f) Cantoneira externa: Propicia o acabamento nos ângulos externos, como mostra a figura 28.



Figura 28 – Detalhe cantoneira externa
Fonte: Wallrevest, 2008.

O revestimento com siding de PVC é composto de barras fabricadas com aditivos especiais para garantir resistência e durabilidade superior a outros materiais. Este revestimento vem para eliminar as sucessivas etapas de acabamento comuns na construção tradicional, como o chapisco e o reboco. Trata-se de um conceito de montagem e modularidade, que permite rapidez de instalação e desperdício zero; dispensa pintura e outros cuidados de manutenção que requerem mão de obra especializada (ESCOLHER-E-CONSTRUIR, 2008).

3.4.1 Aplicações

Conforme Metálica (2008), o siding vinil pode ser aplicado em imóveis residenciais, comerciais ou industriais, com os perfis fixados na posição horizontal conforme as figuras 29 e 30, ou na vertical conforme a figura 31, seja em obras novas ou apenas em reformas. Muito utilizado nos Estados Unidos, este tipo de revestimento começa a ter destaque entre profissionais e consumidores brasileiros. Este material é utilizado principalmente para revestimento externo de paredes e fachadas, mas tem uso assegurado também no revestimento de paredes internas. O produto pode ser utilizado sozinho ou em combinação com outros materiais, seja em função de ordem técnica ou simplesmente decorativa.



Figura 29 – Aplicação horizontal do siding vinílico
Fonte: Vinyl Siding Institute, 2008.



Figura 30 – Aplicação horizontal do siding vinílico
Fonte: Vinyl Siding Institute, 2008.



Figura 31 – Aplicação vertical do siding vinílico
Fonte: Vinyl Siding Institute, 2008.

Segundo Metálica (2008), como qualquer outro tipo de revestimento, o siding de vinil requer uma superfície nivelada e apumada. A distância entre as barras obedece um coeficiente climático previamente definido para cada região do país, para que as variações sazonais não comprometam a estanqueidade e acabamento do produto.

Os perfis de PVC podem ser aplicados diretamente sobre paredes construídas por tijolos cerâmicos, maciços ou blocos de concreto, dispensando-se as etapas tradicionais de revestimento (chapisco e reboco). Nestes casos os perfis são fixados sobre juntas da argamassa de assentamento dos tijolos ou blocos, por meio de pregos a cada 40cm. Casos especiais podem requerer o uso de uma “estrutura” de madeira ou metal para apoio dos perfis (METÁLICA, 2008).

3.4.2 Desempenho

O siding de PVC classifica-se em diversas normas de desempenho de validade mundial. Os parâmetros básicos são estabelecidos pelas normas ASTM-D 3679 (que define padrões específicos para painéis de PVC) e ASTM-D 1435 (que define padrões específicos referentes a intempéries). O siding de PVC mantém suas características de desempenho em ambientes com temperatura de até 72°C sem deformação. Por ser um material de grande flexibilidade e fabricado em PVC especial, possui elevado poder de absorção de impactos. O custo é outro grande atrativo do produto por eliminar muitas etapas de acabamento e proporcionar grande velocidade de instalação, variando de 80 a 100 metros quadrados por dia, com apenas dois profissionais em uma jornada de 8 Horas. Por este motivo torna-se muito competitivo em relação a outros revestimentos (METÁLICA, 2008).

O siding vinílico tem uma grande variedade de estilos, cores e acessórios para acabamento, não impondo limites para criatividade de projetistas e construtores.

3.5 PISOS DE PVC

O PVC pode ser utilizado para a confecção de diversos tipos de pisos, tais como imitações de cerâmica, madeira e mármore. Os pisos de PVC são largamente utilizados em ambientes comerciais, hospitais, escolas, academias, bancos. Em

residências pode ser utilizado em áreas como cozinha, banheiro, e área de serviço. Produzidos no Brasil com tecnologia europeia, são apresentados em diversos formatos, padrões, cores e texturas, permitindo a formação de desenhos personalizados através da utilização de várias cores que podem ser aplicadas ao produto, como pode ser visto na figura 32 (PAPEL DE PAREDE, 2008).



Figura 32 – Piso de PVC em residência
Fonte: Otimizador, 2008.

Segundo o site Papel de parede (2008), os pisos de PVC podem ser divididos em duas classes principais, rígidos e flexíveis:

- Piso rígido: Normalmente fabricado em placas de 30x30cm, pode ter cores e tons diversos, como ser opaco, e ter grande rigidez mesmo em chapas finas, ter alta resistência a choques e quedas, ter baixa sensibilidade á fissuração sob tensão. Tem baixíssima permeabilidade á gases (a mais baixa dentre os

termoplásticos usuais) e baixa permeabilidade á vapor de água, é impermeável a odores e aromas. Este tipo de piso também tem ótima estabilidade a vários produtos químicos, e a capacidade de ser estanque a óleos e gorduras alimentares;

- Piso flexível: Tal qual o piso rígido pode ter cores e tons diversos, como ser opaco, receber aditivos específicos (como reduzir velocidade de propagação de chamas) e ter durezas diversificadas, indo desde um laminado extremamente macio até uma chapa quase rígida. Também pode ser soldado para evitar emendas. Os pisos vinílicos flexíveis são fornecidos em mantas de diversas cores e padrões, que imitam a madeira ou a cerâmica. Normalmente as mantas são fornecidas com comprimento de 15 metros e largura de 2 metros.

Uma grande vantagem do piso vinílico é que ele pode ser instalado sobre pisos já existentes, como cerâmicos, mármore, granitos, contrapiso de argamassa, concreto industrial e sobre o próprio piso vinílico. O piso de PVC tem a estanqueidade como característica, a umidade não penetra no piso. Este tipo de piso é antialérgico, motivo pelo qual é recomendado para hospitais, ambulatórios, laboratórios e centros cirúrgicos, conforme figura 33. O piso de PVC pode ter propriedades condutivas, por meio de fibras de carbono, e também propriedades acústicas, pois já existem pisos que conseguem absorver sons de até 19 decibéis (EQUIPE DE OBRA, 2008).



Figura 33 – Piso de PVC em hospital
Fonte: Flexeventos, 2008.

3.5.1 Piso de PVC na indústria

Segundo o site Cervesia (2008), recentemente uma empresa inglesa desenvolveu um novo piso vinílico de segurança para aplicar em uma cervejaria, que é permanentemente antibacteriano e oferece grande resistência à compressão, conforme a figura 34.



Figura 34 – Piso de PVC em indústria de cerveja
Fonte: Cervesia, 2008.

Ao contrário de revestimentos antiderrapantes, que apresentam uma superfície áspera, ele é liso, facilitando a limpeza. A superfície de revestimento consiste em um piso vinílico altamente elástico, que em sua camada são colocados grânulos de óxido de alumínio, que é um material extremamente duro. A superfície do revestimento apresenta-se normalmente lisa quando não sofre compressão, ao se pisar ou passar sobre o piso, os grânulos tornam-se salientes propiciando a segurança necessária, mesmo com o piso molhado ou oleoso. Como os grânulos são distribuídos regularmente por toda a camada do revestimento, ao longo de sua vida a característica antiderrapante permanece inalterada (CERVESIA, 2008).

Conforme Cervesia (2008), os pisos de segurança são normalmente fornecidos em rolos de 2m de largura, com espessura de 02 a 04mm. A sua aplicação no piso base é feita através de cola, como nos pisos comuns de vinil, porém as emendas são soldadas formando um revestimento contínuo à prova d'água, que também pode ser colocado como rodapé na parede.

Existem também pisos de PVC reciclado, composto por placas de aproximadamente 50 x 50cm, com espessuras entre 05 e 10mm que são coladas ao piso-base com adesivo especial. As emendas são soldadas a frio ou a quente, o que veda a superfície tornando-a de fácil limpeza (EQUIPE DE OBRA, 2008).

3.6.DECKS DE PVC

Os decks são normalmente construídos em terrenos com declividades, objetivando ganhar espaço ao ar livre. Os decks também podem ser construídos em terrenos planos, sobre lajes ou simples contrapiso. Até pouco tempo eram todos confeccionados em madeira: cumarú, ipê, itaúba. Atualmente o PVC também toma mercado neste segmento. Os decks de PVC são ideais para construções litorâneas, revestimento de piers ou flutuantes. Usado com frequência em áreas molhadas, tais como saunas, spas, condomínios e hotéis, caracterizam-se pela ausência de manutenção e pela sua superfície antiderrapante. Possuem proteção contra raios ultravioletas e não sofrem torção com o calor (INSTITUTO DO PVC, 2008c).

Novas linhas de decks de PVC foram lançadas este ano no (International Builders show, que é a maior feira de construção leve do mundo), e um dos principais motivos é a procura dos consumidores por decks de baixa manutenção, que mantêm sua aparência por mais tempo. A procura por decks de PVC de baixa manutenção partiu de proprietários de casas que especificaram aos construtores o que realmente queriam: resistência contra manchas, arranhões, abrasões, fatores climáticos, desbotamento e fungos, como nas figuras 35 e 36 (INSTITUTO DO PVC, 2008c).



Figura 35– Deck de PVC
Fonte: Superdeck, 2008.



Figura 36 – Deck de PVC
Fonte: Superdeck, 2008.

Conforme o Instituto do PVC (2008c) uma nova geração de decks está no mercado, que combina o PVC expandido de baixo peso com fibra de linho reforçada, para aumentar a resistência e diminuir a expansão e contração, e possui uma maior variedade de produtos em relação aos compósitos de madeira.

Os produtos de PVC expandido tornaram-se um segmento de rápido crescimento da indústria de materiais de construção, tanto para decks quanto para outros acabamentos. O PVC expandido tem excelente acabamento superficial, proporcionando um excelente resultado em praticamente todos os processos produtivos referentes ao PVC. A estrutura uniforme das células dão ao PVC expandido uma combinação ideal de robustez e durabilidade, resultando em excelente resistência ao impacto e à riscos. Deve-se ressaltar que o PVC expandido tem aproximadamente a metade do peso de uma chapa de PVC rígida compacta. Todas as vantagens dos decks de PVC podem ser sintetizadas na tabela 02 (INSTITUTO DO PVC, 2008c):

TABELA 02 – Comparativo entre decks de PVC, Concreto e madeira

Comparação	SuperDeck	Concreto	Madeira
Colorido	✓	✓	
Não Precisa Pintar	✓		
Sem Manutenção	✓		
Com Garantia	✓		
Leve	✓		
Não escorrega	✓		
À prova D'água	✓		✓
Fácil Instalação	✓		✓
Não desgasta	✓		
À prova de Cupim	✓	✓	
À prova de Sal	✓		
Resistente ao Sol	✓	✓	
Reciclável	✓		
Não absorve calor	✓		
Drena água	✓		✓
Sem farpas	✓	✓	

Fonte: Superdeck, 2008.

4 NOVAS TECNOLOGIAS COM O PVC

4.1 PVC EXPANDIDO

Segundo a revista Plástico Moderno (2008), o PVC expandido é produzido a partir da adição de um agente expensor ao composto de PVC e posterior aquecimento dessa mistura. Sob aquecimento, o agente de expansão se decompõe, produzindo gás no interior da massa de PVC. Uma pequena porção de agente que não reage provoca o processo de nucleação e a formação de células cheias de gás, ou seja, o expandido. Ao sair da extrusora a mistura supersaturada da resina-gás se expande, a pressão diminui durante a expansão, produzindo células na massa de PVC. As células crescem até que a pressão atinja um ponto de equilíbrio com a tensão superficial das paredes da célula.

Entre os produtos expandidos de maior sucesso estão os perfis e placas de PVC rígido. Analisando as suas propriedades físicas, nota-se que a densidade caiu de 1,4 para 0,55 g/cm³ na expansão interna, e 0,6g/cm³ na expansão livre, obtendo-se reduções de 60% no peso, com economia de 60% do material utilizado. Sob o aspecto da resistência mecânica, os materiais tornaram-se um pouco menos resistentes, apresentando uma queda de 17%. Quando bem utilizado o agente

expansor reduz bastante o peso do material, mas sem comprometer excessivamente a sua resistência mecânica (PLÁSTICO MODERNO, 2008).

Conforme o mesmo autor, o PVC rígido expandido encontra inúmeras aplicações. O seu emprego já é comprovado em sidings, forros, esquadrias, calhas e outros acabamentos. O PVC rígido expandido também pode ser uma alternativa para substituir a madeira, tendo grande aproveitamento na construção civil, pois é muito versátil. Pode ser aplainado, serrado, colado, pregado e parafusado. Os perfis e placas expandidas podem ser soldadas, pelo processo de aquecimento por placas ou cordões de solda. Um exemplo está na figura 37, onde o perfil de rodapé que imita madeira, além de expandido, foi confeccionado com 30 % de pó de madeira.



Figura 37 – Rodapé de PVC expandido com madeira
Fonte: Plástico Moderno, 2005.

4.2 CARGAS E REFORÇOS

Segundo Braskem (2006), diversos materiais particulados ou fibrosos podem ser incorporados ao PVC com o intuito de modificar suas propriedades:

- Reforços: São materiais particulados ou fibrosos adicionados aos compostos de PVC com intuito exclusivo de melhorar algumas de suas propriedades mecânicas, muitas vezes em detrimento dos custos dos mesmos.

- Cargas: As cargas são incorporadas aos compostos de PVC basicamente com o intuito de redução de custo da formulação. As cargas podem trazer benefícios adicionais como melhoria de algumas propriedades mecânicas, além da redução de custo.

4.3 COMPÓSITOS DE POLÍMEROS E FIBRAS NATURAIS

Segundo a revista Ciência e Tecnologia (2006), o uso de madeira como carga de reforço em polímeros é uma área já conhecida pela construção a nível mundial, com desenvolvimento intenso nos últimos anos. O mercado mundial de plástico combinado com madeira supera um milhão de toneladas por ano. Dados recentes dão conta de que somente nos Estados Unidos cerca de 400 mil toneladas de polímeros carregados com reforços lignocelulósicos diversos foram utilizados no ano de 2002.

O mesmo autor ainda comenta que este mercado tem apresentado crescimento vigoroso nos últimos anos, 60% de crescimento anual nos Estados Unidos ligados à construção civil, deste total, 9% corresponde a compósitos lignocelulósicos de PVC. Grande parte da demanda desta nova classe de materiais se deve à eliminação voluntária iniciada em 2003 de produtos de madeira tratados com preservativos baseados em Cromo, Cobre, e Arsênio.

Para o Brasil, infelizmente não existem dados sobre esta demanda. Tendo em vista que as aplicações são ainda bastante emergentes, sem resultados significativos, principalmente levando-se em consideração que compósitos polímero e madeira são uma realidade no mercado americano a pelo menos oito anos (PLÁSTICO MODERNO, 2005).

Conforme a revista Plástico Moderno (2005), diversas tecnologias estão sendo desenvolvidas utilizando-se de diferentes matrizes poliméricas e diferentes tipos de reforços lignocelulósicos. O potencial de desenvolvimento de novos materiais compósitos combinando-se matrizes termoplásticas e cargas de reforço de origem lignocelulósicas é imenso. A idéia básica é sempre combinar dois materiais, buscando-se sinergia de propriedades. O uso de polímeros sintéticos, sempre dependentes do petróleo, com fibras ou partículas provenientes de recursos naturais renováveis, permite a obtenção de materiais com custos competitivos e menor dependência das reservas de petróleo.

As principais vantagens da utilização de reforços lignocelulósicos em polímeros podem ser resumidas em baixa densidade, baixa abrasividade, possibilidade de elevada rigidez, manutenção da reciclabilidade, ampla variedade de cargas reforçativas em todo o mundo. Grande parte destas vantagens não são

ignoradas em segmentos da economia, como na construção civil e na indústria automobilística (PLÁSTICO MODERNO, 2005).

Segundo Instituto do PVC (2005), hoje 85% do mercado de compósitos lignocelulósicos é a América do norte, conforme figura 38, cujo mercado deve crescer 10% até o ano de 2010 e cresce 60% ao ano em aplicações ligadas a construção civil, sendo que 20% destes compósitos são PVC e Madeira.

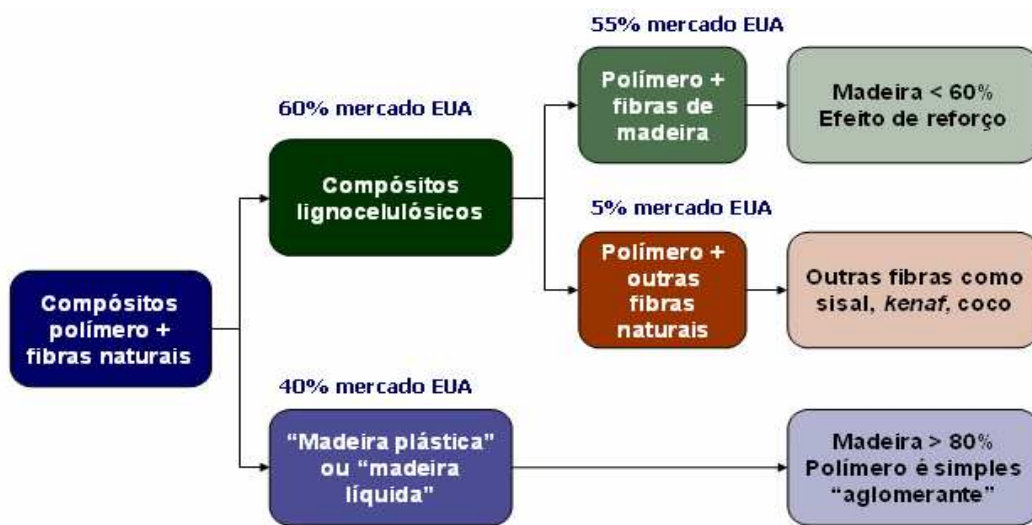


Figura 38 – Mercado americano de compósitos de fibras naturais
Fonte: Instituto do PVC, 2005.

Segundo Instituto do PVC (2005), pode-se observar na figura 38 que o mercado dos compósitos de fibras naturais divide-se em dois segmentos:

- Compósitos lignocelulósicos: Possui alta tecnologia e bom acabamento superficial, com a possibilidade de formas complexas e seções delgadas, utilizando pós de madeira industrializados com tamanho das partículas controlado. Utiliza polímeros virgens, cujo PVC é uma ótima opção.

- Madeira plástica: O foco principal é a reciclagem de resíduos plásticos após o consumo (PE e PP) mais resíduos de madeira grosseiros. Este tipo de

material fica limitado a produtos de elevada seção transversal, pela dificuldade de processamento.

4.3.1 Compósitos de PVC e madeira

Vale ressaltar a diferença entre compósito de PVC e composto de PVC. Compósito é a junção de dois componentes, sendo um polimérico que no caso é o PVC e o outro de reforço, normalmente na forma de fibras. Composto é a mistura de resina de PVC mais aditivos (RODOLFO JÚNIOR, 2006).

Conforme Rodolfo Júnior (2006), hoje a produção de compósitos usa equipamentos convencionais da indústria do PVC que chega a uma taxa de 40% de madeira, mas para isso ser possível foi preciso aprimorar os processos de pré-tratamento que retiram a umidade da madeira. Em uma extrusora utilizada para o processamento do compósito, considera-se aceitável um teor de umidade da madeira de no máximo 8%. Há outras dificuldades, como o processamento mais difícil, o aumento da viscosidade do fundido e do torque da máquina, e o fluxo sofre maior restrição, podendo alterar o design da ferramenta. A matéria prima para a produção do compósito possui quase o mesmo preço que as resinas comuns, mas oferece acabamento muito melhor para as peças de PVC e madeira. Algumas propriedades intrínsecas do PVC podem ser reduzidas pela combinação com madeira, mas podem ser corrigidas com ajustes na formulação, contudo essa combinação não altera o índice de propagação de chama do plástico, conforme figura 39, o que não acontece na mesma combinação com outros termoplásticos, como o PP, demonstrado na figura 40.

Teste de queima

30% PVC / 70% madeira

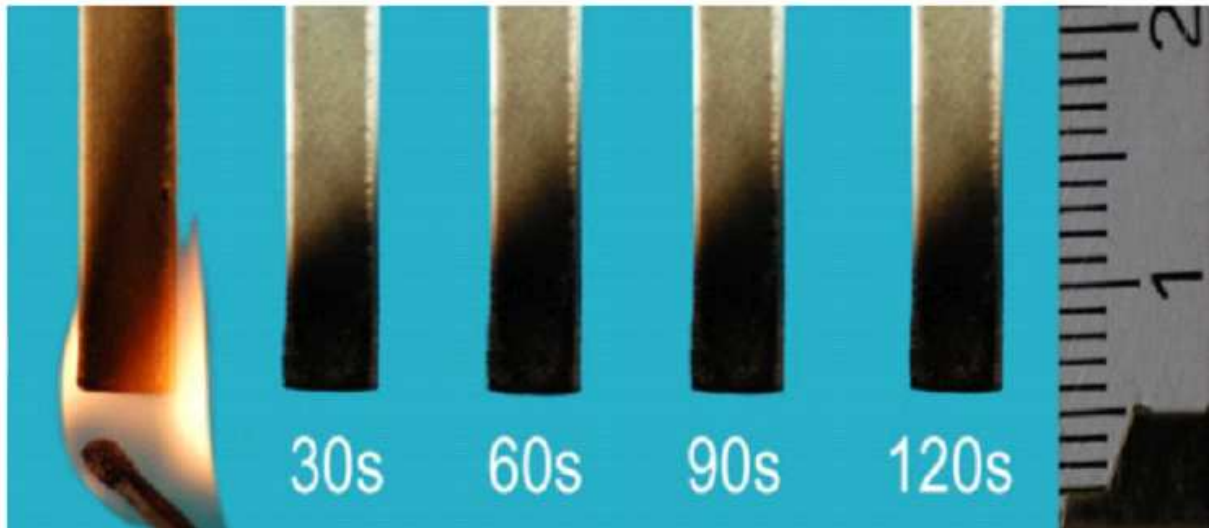


Figura 39 – Teste de queima de PVC com madeira
Fonte: Instituto do PVC, 2005.

Teste de queima

20% PP / 80% madeira

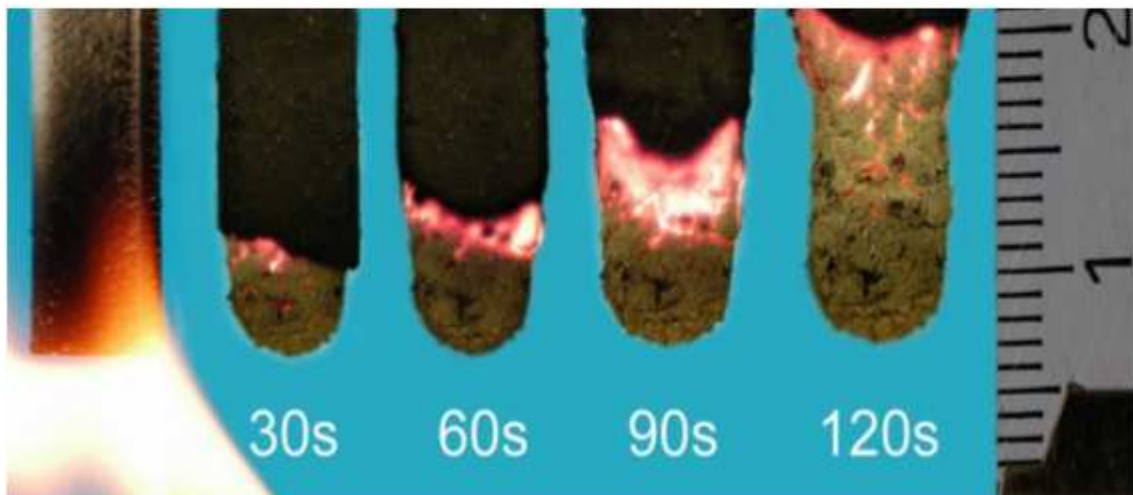


Figura 40 – Teste de queima de polipropileno com madeira
Fonte: Instituto do PVC, 2005.

É comum no mercado europeu, e principalmente nos Estados Unidos, o fornecimento de “farinhas de madeira” previamente secas e tratadas com ceras e outros lubrificantes. No Brasil até o momento, não são fornecidas “farinhas de madeira” previamente secas até teores tão baixos de umidade, ficando os tipos disponíveis restritos a teores de umidade acima de 7% (RODOLFO JÚNIOR, 2006).

Nos Estados Unidos e Europa encontram-se disponíveis no mercado resíduos de madeira provenientes de espécies coníferas e folhosas. No Brasil são fornecidos no momento somente resíduos de coníferas (Pinus, Eucalipto e Araucária), moídos e selecionados através de peneiramento e parcialmente secos em processos simples. Portanto fica relevante o desenvolvimento de uma tecnologia nacional para o tratamento de resíduos industrializados de madeira visando sua incorporação a matrizes poliméricas. A utilização de equipamentos convencionais da indústria de transformação de PVC e de aditivos disponíveis no mercado permite alavancar o crescimento no mercado desta nova geração de materiais, uma vez que barreiras de capacidade do parque fabril nacional seriam menos relevantes que no caso da aquisição de tecnologias novas e conseqüentemente caras (RODOLFO JÚNIOR, 2006).

Quando se trata de compósitos lignocelulósicos de PVC, os atributos são bastante favoráveis, tais como: facilidade de processamento em equipamentos disponíveis no parque industrial brasileiro, além das características interessantes para aplicação na construção civil, conforme figura 41, 42 e 43, resistência à umidade e a insetos, intemperismo, possibilidade de soldagem de perfis nos cantos, além de sofrer processos tipicamente utilizados na madeira como colagem, montagem por pregos ou parafusos, pintura quando desejado. Na Europa os compósitos lignocelulósicos de PVC tem suportado a indústria de transformação

deste material no esforço de aumento das taxas de reciclagem deste polímero (CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2006).



Figura 41 – Perfis diversos de PVC com madeira
Fonte: Instituto do PVC, 2005.



Figura 42 – Perfis diversos de PVC com madeira
Fonte: Bausano, 2008.



Figura 43 – Siding de PVC com madeira
Fonte: Instituto do PVC, 2005.

Conforme a revista *Ciência e Tecnologia* (2006), os compósitos lignocelulósicos de PVC apresentaram baixos valores de módulo de elasticidade na flexão, o que limita o seu uso em aplicações estruturais. Isto se deve ao fato do PVC, como a maioria dos polímeros orgânicos, apresentar baixo módulo de elasticidade em comparação com a madeira. A aplicação de compósitos lignocelulósicos de PVC em aplicações não estruturais se torna extremamente viável.

O autor ainda comenta que as principais matrizes termoplásticas usadas nos compósitos lignocelulósicos são o PE (Polietileno), PP (Polipropileno) e o PVC (Poli Cloreto de Vilnila). O PE e o PP são polímeros de baixa viscosidade no estado fundido, normalmente apresentam elevada capacidade de incorporação de madeira, em teores que podem chegar a 85%. No caso do PVC devido a sua elevada viscosidade quando no estado fundido, os teores máximos de incorporação são

menores, limitando-se a 60% em massa, porém apresenta vantagens sobre estes outros dois polímeros em três aspectos principais e relevantes:

- Maior módulo de elasticidade da matriz polimérica, conseqüentemente maior rigidez;
- Baixa inflamabilidade, as resinas de PVC são compostas de 57% de cloro e 43% de etileno, o que as tornam pouco inflamáveis, aspecto importante na seleção de materiais para a construção civil;
- Possibilidade de pintura, os compósitos lignocelulósicos de PVC podem ser pintados sem a necessidade de tratamento superficial prévio.

Os reforços lignocelulósicos avaliados em alguns estudos no Brasil com o Pinus ainda não podem ser considerados “fibras” no sentido estrito da palavra, uma vez que seu fator de forma é desfavorável, ou seja, as partículas atuam na verdade como cargas de enchimento da matriz de PVC.

4.4 PRINCIPAIS DESAFIOS E POTENCIALIDADES DESTA TECNOLOGIA

Conforme a revista Ciência e Tecnologia (2006), quando o aumento de concentração de reforço lignocelulósico incorporado a matriz polimérica é significativo, o processamento é dificultado, denotado pelo aumento do tempo necessário à fusão da matriz de PVC, menor velocidade de gelificação, maior temperatura necessária à fusão e maior demanda de energia de processamento. A incorporação crescente de reforço lignocelulósico na matriz de PVC até um limite de 60% para partículas mais grosseiras, onde o acabamento é menos crítico,

provocaram o aumento do módulo de elasticidade do compósito sob flexão. No caso de um acabamento final de mais qualidade e partículas mais finas, incorpora-se no máximo 40%.

A utilização do compósito de PVC e madeira na substituição da madeira convencional já é uma realidade, porém as oportunidades ainda estão longe de se esgotar. A durabilidade deste compósitos sob intempéries é superior a da madeira, fazendo com que os componentes necessitem de menos manutenção que no caso dos materiais tradicionais. Formulações compactas e expandidas de PVC podem ser utilizadas, permitindo ainda mais versatilidade no desenvolvimento de novas aplicações (CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2006).

O produto resultante da mistura PVC e madeira é promissor, e deve ser tratado como tecnologia e não como alquimia. O potencial deste material no mercado é notório, pois a madeira legal e de qualidade é um recurso natural escasso e limitado. A madeira de reflorestamento nem sempre possui as propriedades desejadas para todas as aplicações. Aliado a estes fatos existe o custo da madeira, que apesar de ainda pouco sentido no Brasil tende a crescer no futuro, principalmente por conta do seu consumo descontrolado. Espera-se que a madeira deva mudar o seu perfil de utilização para produtos cada vez mais nobres, restando a alternativa de dar uma destinação mais adequada aos seus resíduos na forma de produtos com o mínimo de valor agregado. É notório e justificado o desenvolvimento de novas tecnologias de polímeros reforçados com reforços lignocelulósicos e que serão um dos vetores do crescimento do mercado de plásticos nos próximos anos (CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2006).

5 PVC E O MEIO AMBIENTE

A história da humanidade foi construída a partir da necessidade de se preservar a espécie diante das ameaças impostas pela natureza, pelos animais e pelo próprio homem. Os caminhos trilhados para alcançar um estágio mais evoluído da raça humana foram muitas vezes devastadores. Medidas imediatistas tomadas para atender aos apelos do progresso, pioneirismo, lucro, conquista do mercado, da conquista do globo, não consideraram os cuidados necessários à conservação de recursos indispensáveis às necessidades futuras.

Segundo o Instituto do PVC (2008d), ao se discutir meio ambiente inevitavelmente se estará falando de problemas como: super população, redução de reservas naturais, chuva ácida e efeito estufa. Fala-se que os plásticos são um dos problemas. Mas há um outro ponto de vista, plásticos não são parte do problema e sim da solução. Eles substituem ou suplementam a escassez de materiais naturais. Podem ser feitos para encontrar requisitos específicos e são ecologicamente positivos. Entre esses plásticos o PVC ocupa posição de destaque, sua versatilidade e durabilidade fez com que ele se tornasse um dos materiais sintéticos de maior sucesso atualmente em todo mundo. Este material começa resolvendo problemas desde sua criação, é eficiente no uso de suas matérias primas, porque utiliza menos de 50% de derivados de petróleo e mais da metade da sua composição é cloro, obtido do sal comum. Durante a obtenção do material, o cloro se converte num

componente quimicamente insípido, resultado da sua combinação com o carbono e o hidrogênio na formação de um material sólido totalmente inerte e inócuo, o PVC.

O Instituto do PVC (2008d), ainda comenta que atualmente o ser Humano está cada vez mais em busca do desenvolvimento sustentável. Transitar da visão de curto prazo para a cultura da sustentabilidade é uma tarefa árdua, porém os resultados são infinitamente mais gratificantes que a obtenção de ganhos efêmeros que não beneficiarão as gerações futuras. A cadeia produtiva do PVC tem dado importante contribuição para o desenvolvimento sustentável. O produto está completamente inserido nos pilares da sustentabilidade, pois ajuda na conservação dos recursos naturais, melhora a qualidade de vida das pessoas e contribui para o crescimento econômico. Os principais destaques são:

- A principal matéria prima do PVC é o sal marinho, um recurso natural e renovável;
- Pode ser reciclado várias vezes sem perder suas propriedades originais;
- É a resina de maior aplicação na área médica;
- Os produtos de PVC são utilizados em sistemas que visam proteger o meio ambiente. Os tubos são largamente empregados em saneamento básico. As janelas propiciam bom isolamento térmico em regiões muito frias, gerando economia no consumo de energia para manter o interior do imóvel aquecido.

O referido autor ainda comenta que ao se colocar na trilha do Desenvolvimento Sustentável, a cadeia produtiva deste material não contará apenas com a confiança do mercado, mas estará agindo como parceria da sociedade na busca de um futuro mais promissor.

5.1 O PVC É RECICLÁVEL

A reciclagem está entre as mais destacadas questões emergentes no mundo, tanto pela contribuição que pode dar ao desempenho das empresas, quanto pelos resultados ambientais decorrentes da queda de produção dos resíduos, o que equivale dizer, uma produção mais limpa (INSTITUTO DO PVC, 2008e).

Atualmente 12 mil toneladas de PVC são processadas por ano, e juntas faturam em torno de 10 milhões de Reais. O número de recicladores que não estão cadastrados pode chegar até 10 vezes os números oficiais. O mercado total movimenta 700 mil toneladas, logo o percentual que é reciclado ainda é pequeno (INSTITUTO DO PVC, 2008e).

Segundo dados do Instituto do PVC, 64% dos produtos de PVC são aplicados à construção civil, que tem uma longa vida útil, portanto dificilmente vão para o lixo (INSTITUTO DO PVC, 2008e).

O autor ainda comenta que o PVC reciclado tem diversas aplicações, como tubos de esgoto e eletrodutos, reforços para calçados, juntas de dilatação para concreto, perfis, cones de sinalização, solados, laminados flexíveis, mangueiras para jardim, etc. Os recicladores nem sempre conhecem a origem dos resíduos e seus processos não garantem completa descontaminação. De modo geral podemos citar três tipos de reciclagem:

- Reciclagem mecânica: Processo que consiste na combinação de uma ou mais operações industriais para o reaproveitamento do material descartado,

transformando-o em grânulos para a fabricação de outros produtos ou no mesmo produto de sua origem;

- Reciclagem energética: Consiste em processo tecnológico avançado, que visa a recuperação da energia contida nos resíduos plásticos. O principal equipamento utilizado é o incinerador, que funciona sob altíssimas temperaturas e severos controles de emissões, garantindo uma perfeita harmonia com o meio ambiente;

- Reciclagem química: Consiste em um processo tecnológico onde se realiza a conversão dos resíduos em matérias-primas petroquímicas básicas (retorno à origem).

5.2 ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DO PVC

O Instituto do PVC (2008f), menciona que a análise do ciclo de vida (ACV) é uma técnica científica e objetiva que valoriza a relação entre os recursos naturais usados, a energia utilizada durante a sua produção, no desenvolvimento da sua vida útil e a sua conservação em resíduos. Para esta análise são avaliadas todas as etapas de um processo produtivo partindo-se da matéria prima, se proveniente de recursos naturais ou não; a geração de subprodutos ou resíduos contaminantes de recursos naturais (água, solo, ar), até a possibilidade de sua reutilização, reciclagem ou a forma de disposição do produto após o uso.

O objetivo desta avaliação é determinar o impacto global de um produto ou serviço sobre o meio ambiente durante seu ciclo de vida completo. De posse das

informações pode-se comparar desempenhos ambientais de produtos fabricados com materiais diferentes para mesma aplicação ou finalidade (INSTITUTO DO PVC, 2008f).

O PVC é um material diferenciado, possui excelente avaliação em estudos de ACV, que tem comprovado cientificamente que os produtos de PVC não causam mais impactos ambientais que os seus concorrentes (INSTITUTO DO PVC, 2008f).

Em 2005, nos Estados Unidos, o USGBC (U.S. Green building council) mostrou em relatório preliminar que o PVC tem desempenho ambiental similar ao de outros materiais aplicados na construção civil. Segundo os cientistas, as evidências disponíveis não permitem que se conclua que o PVC tenha desempenho ambiental inferior a materiais alternativos quando se comparam estudos de análise de ciclo de vida desses materiais (INSTITUTO DO PVC, 2008f).

O autor ainda comenta que este posicionamento era esperado pela indústria do PVC principalmente por alguns aspectos notórios, considerando-se o baixo consumo de energia na sua fabricação, e dentre os materiais plásticos mais comuns o PVC é o único que não depende exclusivamente do petróleo, é um material 100% reciclável, mesmo tendo um ciclo de vida longo. Os produtos de PVC utilizados na construção civil são feitos para durar toda a vida útil da obra, no mínimo 50 anos, com uma limitação de 100 anos, portanto saindo da classificação de produtos descartáveis.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do PVC como material de construção vem sendo significativamente incrementada ao longo das últimas 4 décadas. Devido a sua facilidade de obtenção e industrialização, características físico-químicas, bom desempenho mecânico, durabilidade, fácil manuseio e aplicação, e ainda a possibilidade de reaproveitamento através da reciclagem; o PVC se torna um material atraente e objeto de pesquisa constante na busca de novas utilizações, principalmente na construção civil.

As virtudes mencionadas certamente serão de grande valia para o desenvolvimento de novos materiais, gerando maior demanda no acabamento nos diversos tipos de obras. Novas tecnologias já estão sendo aplicadas no mercado brasileiro, mas ainda pouco conhecidas. O PVC reforçado com pó de madeira talvez seja a grande aposta, já que a participação no mercado americano é de no mínimo oito anos. Mesmo com todas as dificuldades, este material já faz parte do mercado através de decks e rodapés, além de acabamentos que exigem aparência da própria madeira.

A durabilidade dos compósitos lignocelulósicos sob intempéries é superior ao da madeira natural, material cada vez mais escasso nos tempos atuais. No projeto de uma obra nova ou de uma reforma, a preferência é por materiais que tenham boa durabilidade, contribuindo para sua manutenção e vida útil. O PVC tem vida útil de 50 a 100 anos, durabilidade alta se comparado a produtos com mesma utilização. Mesmo quando retirado das suas aplicações originais ele ainda pode ser 100% reciclado, contribuindo para o desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASKEM. **Manual de Esquadrias de PVC**. 2002. Disponível em:
<<http://www.braskem.com.br>>. Acesso em: 02 abr. 2008.

BRASKEM. **Tecnologia do PVC**. 2ª edição, Revista e Ampliada. 2006.

BRASKEM. **Catálogo de PVC**. 2007.

BAUSANO. **Perfis de PVC e Madeira**. 2008. Disponível em:
<<http://www.bausano.it>>. Acesso em: 22 maio 2008.

CANEVAROLO JR, S.V. **Ciência dos Polímeros**. 1998. pág. 16 à 18.

CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **PVC Reforçado com Resíduos de Madeira**, Vol. 16, nº 1, p. 1-11, 2006.

CERVESIA. **Pisos de PVC**. 2008. Disponível em:
<<http://www.cervesia.it>>. Acesso em: 27 mar. 2008.

ESCOLHER-E-CONSTRUIR. **Sidings de PVC**. 2008. Disponível em:
<<http://www.escolher-e-construir.eng.br/Materiais/Siding/Siding/pag1.htm>> Acesso em: 02 maio 2008.

EQUIPE DE OBRA. **Pisos Vinílicos**. 2008. Disponível em:
<<http://www.equipededeobra.com.br/construcao-reforma/12/artigo56471-1.asp>>
Acesso em: 03 maio 2008.

FLEX EVENTOS. **Pisos de PVC**. 2008. Disponível em:
<<http://www.flexeventos.com.br>> Acesso em: 03 mar. 2008.

GORNI, A. A. **Introdução aos Plásticos**. 2004. Página 1 a 16. Disponível em: <<http://www.gorni.eng.br/textpol.html>> Acesso em: 03 fev. 2008.

INSTITUTO DO PVC. **Compósitos PVC e Madeira**. 2005. Disponível em: <<http://www.institutodopvc.org/congresso/downloads/PAINEL%20IV%20-%20Antonio%20Rodolfo.ppt>> Acesso em: 17 mar. 2008.

INSTITUTO DO PVC. **Fabricação do PVC**. 2008a. Disponível em: <http://www.albag.com.br/images/Tecnologia_do_PVC.pdf> Acesso em: 03 abr. 2008.

INSTITUTO DO PVC. **Características do PVC**. 2008b. Disponível em: <http://www.albag.com.br/images/Tecnologia_do_PVC.pdf> Acesso em: 03 jan. 2008.

INSTITUTO DO PVC. **Decks de PVC**. 2008c. Disponível em: <http://www.institutodopvc.org/publico/?a=noticia¬_ano=2008¬_id=184> Acesso em: 15 fev. 2008.

INSTITUTO DO PVC. **PVC e suas Vantagens Ambientais**. 2008d. Disponível em: <http://www.institutodopvc.org/publico/?a=conteudo&canal_id=45&subcanal_id=49> Acesso em: 12 maio 2008.

INSTITUTO DO PVC. **PVC, Plástico 100% Reciclável**. 2008e. Disponível em: <http://www.institutodopvc.org/publico/?a=conteudo&canal_id=45&subcanal_id=47> Acesso em: 12 maio 2008.

INSTITUTO DO PVC. **Análise do Ciclo de Vida**. 2008f. Disponível em: <http://www.institutodopvc.org/publico/?a=conteudo&canal_id=45&subcanal_id=49> Acesso em: 10 maio 2008.

KETAMY. **Cercas de PVC**. 2008. Disponível em: <<http://www.ketamy.com.br>>. Acesso em: 09 maio 2008.

METALICA. **Sidings de PVC**. 2008. Disponível em:
<http://www.metatica.com.br/pg_dinamica/bin/pg_dinamica.php?id_pag=529>
Acesso em: 03 maio 2008.

OTIMIZADOR. **Pisos Vinílicos**. 2008. Disponível em:
<<http://www.otimizador.com.br>>. Acesso em: 09 abr. 2008.

PAPEL DE PAREDE. **Pisos Vinílicos**. 2008. Disponível em:
<<http://www.papeldeparedemcd.com.br/pisos.asp>> Acesso em: 19 abr. 2008.

PEVECERCA. **Cercas de PVC**. 2008. Disponível em:
<<http://www.pevecerca.com.br>> Acesso em: 22 abr. 2008.

PLÁSTICO MODERNO. **Expansores**. 2008. Disponível em:
<<http://www.plastico.com.br/revista/pm339/expansores4.htm>> Acesso em: 22 maio 2008.

PLÁSTICO MODERNO. **PVC**. Edição Dezembro 2005.

PEZENTE. J.H. **Esquadrias de PVC**. 2007. Disponível em:
<<http://www.escolher-e-construir.eng.br/Materiais/Esqpvc/>> Acesso em: 22 mar. 2008.

PLÁSTICOS VIPAL. **Forros de PVC**. 2008. Disponível em:
<<http://www.plasticosvipal.com.br>> Acesso em: 19 abr. 2008.

PROJETANDO COM PVC. **Portas e Janelas**. 2008. Disponível em:
<<http://www.projetandocompvc.com.br>> Acesso em: 11 abr. 2008.

RODOLFO JR, ANTONIO. **Desenvolvimento de PVC reforçado com resíduos de *Pinus* para substituir madeira convencional em diversas aplicações**.
Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

SQUADRA PVC. **Esquadrias de PVC**. 2008. Disponível em:
<http://www.squadrapvc.com.br/pgpvc_intro.htm> Acesso em: 09 abr. 2008.

SUPER DECK. **Decks de PVC**. 2008. Disponível em:
<<http://www.superdeck.com.br>> Acesso em: 09 fev. 2008.

VINIL SIDING INSTITUTE. **Siding de PVC**. 2008. Disponível em:
<<http://www.vynilsiding.org>> Acesso em: 03 jun. 2008.

WALLREVEST. **Sidings de PVC**. 2008. Disponível em:
<<http://www.wallrevest.com.br>> Acesso em: 15 maio 2008.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.