

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL URBANA**

MARCO ANTÔNIO ROCHA MEDEIROS

**PROPRIEDADES MECÂNICAS DE COMPÓSITOS
DE PVC RECICLADO REFORÇADOS COM FIBRAS
DE SISAL E DE NYLON 6**

Salvador

2006

MARCO ANTÔNIO ROCHA MEDEIROS

**PROPRIEDADES MECÂNICAS DE COMPÓSITOS
DE PVC RECICLADO REFORÇADOS COM FIBRAS
DE SISAL E DE NYLON 6**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana da Escola Politécnica da UFBA, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Jorge C. Cardoso

Salvador

2006

TERMO DE APROVAÇÃO

MARCO ANTÔNIO ROCHA MEDEIROS

PROPRIEDADES MECÂNICAS DE COMPÓSITOS DE PVC RECICLADO REFORÇADOS COM FIBRAS DE SISAL E DE NYLON 6

Dissertação aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Ambiental Urbana, da Universidade Federal da Bahia, pela seguinte banca examinadora:

Roberto Jorge Câmara Cardoso - Orientador _____
Doutor em Ciências e Engenharia de Materiais, University of Sheffield, Sheffield - UK.
Universidade Federal da Bahia

Ricardo Fernandes Carvalho _____
Doutor em Ciências e Engenharia de Materiais, Universidade de São Paulo (USP)
Universidade Federal da Bahia

Francisco Rolando Valenzuela _____
Doutor em Ciências e Engenharia de Materiais, Universidade de São Paulo (USP)
Universidade de São Paulo

Salvador, 05 de junho de 2006

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Roberto Jorge Câmara Cardoso, pela orientação, confiança e apoio, imprescindíveis.

Às empresas, TIGRE S. A. - Tubos e Conexões, DUSA – Dupont Sabanci do Brasil S. A., LANXESS - Energizing Chemistry e Suzano Petroquímica S.A., pelo fornecimento de materiais e cessão de laboratórios para a produção de corpos de prova e realização de ensaios.

A todos aqueles, e foram muitos, que, generosamente, me ajudaram, contribuindo com suas competências específicas para a elaboração deste trabalho.

Se falo na Natureza não é porque saiba o que ela é, Mas
porque a amo, e amo-a por isso,
Porque quem ama nunca sabe o que ama
Nem sabe por que ama, nem sabe o que é amar...

Amar é a eterna inocência,
E a única inocência não pensar ...

Fernando Pessoa

RESUMO

A pesquisa aqui apresentada teve como objetivo principal avaliar as propriedades mecânicas (resistência à tração, impacto e dureza) de compósitos produzidos com materiais residuais da indústria, constituídos por fase matriz de PVC reciclado e fase dispersa com frações volumétricas de 5, 10 e 20 % tanto de fibras de nylon 6 quanto de fibras de sisal. Objetivou, também, determinar em que medida o reforço de fibras curtas e orientadas aleatoriamente, poderia recuperar no PVC reciclado, as propriedades originais do PVC. Isto porque, sabe-se que os polímeros termoplásticos quando submetidos a processos de reciclagem tendem a apresentar perda nos valores de propriedades mecânicas, em virtude de rompimento de ligações entre suas cadeias moleculares. A pesquisa, ao usar materiais, resíduos e rejeitos industriais, notadamente o PVC e o sisal, visando futuro aproveitamento em novos materiais de construção, contribui não só para minimizar o impacto negativo do descarte de tais materiais nos resíduos sólidos urbanos, mas, também, para a busca do desenvolvimento sustentável. Apresenta revisão bibliográfica sobre pesquisas realizadas com compósitos similares além dos métodos seguidos para a produção e caracterização física e química dos compósitos, produzidos através de moldagem por injeção, e os procedimentos para realização dos ensaios mecânicos de tração direta, de impacto e de dureza. O PVC reciclado utilizado foi resultante de moagem e posterior pulverização de conexões produzidas com a mesma matéria prima utilizada para o PVC original. As fibras de sisal, com comprimento médio de 3,5 cm, foram utilizadas nos compósitos, sem nenhum prévio tratamento térmico ou químico. As fibras de nylon, com comprimento médio de 2,5 cm, sendo rejeitos industriais, já possuíam um revestimento com um composto à base de látex, formaldeído e resorcinol. Os principais resultados da pesquisa foram: (i) o PVC reciclado teve desempenho mecânico semelhante ao do PVC original, em virtude de não ter passado por processo de envelhecimento acelerado, ou seja, praticamente manteve a mesma estrutura molecular do PVC original; (ii) entre as fibras, o sisal apresentou melhor desempenho que o nylon em todas as situações estudadas, pois além do seu módulo de elasticidade ser bastante superior que o do nylon 6, demonstrou ter havido, nas suas formulações, melhores coeficiente de forma e aderência na interface matriz-fibra

Palavras-chave: Polímeros; Reciclagem de Polímeros; PVC; Compósito; Fibra de Nylon 6; Fibra de Sisal; Reciclagem de PVC.

ABSTRACT

The present work had as main purpose to analyze the mechanical properties (tensile strength, impact and hardness) of the composites produced with residual materials of the industry, constituted of matrix phase of recycled PVC and dispersed phase with fractions volume of 5%, 10% and 20%, both for nylon fibers and sisal fibers. It also objectified to determine how the reinforcement of short fibers randomly oriented could recoup in the recycled PVC its original properties. This because it's known that the thermoplastic polymers when submitted to recycling process tend to present loss in their value of mechanical properties because disruption of the linking between its molecular chains. This research, when using residual materials and industrial waste, specially PVC and sisal, aiming future use in new materials of construction, not only contributes to minimize the negative impact of the discarding of such materials in the urban solid residues, but, also, for the search of sustainable development. It presents bibliographical revision on research carried through with similar composites and also the methods followed for the production and physical and chemical characterization of the composites, produced through molding by injection and the procedures for accomplishment of the mechanical tests of tensile strength, impact and hardness. The recycled PVC used was resulted of milling and posterior pulverizing of connections produced with the same raw material used for the original PVC. The sisal fibers, with average length of 3,5 cm (1,38 inches), had been used in the composites without any previous thermal or chemical treatment. The nylon fibers, with average length of 2,5 cm (0,98 inches), being industrial waste already had a covering of a composition made of latex, formaldehyde and resorcynol. The main results of the research had been: (i) the recycled PVC had similar mechanical performance to the original PVC, because it hasn't been through the process of accelerated aging, it practically kept the same molecular structure of the original PVC (ii) between the fibers, the sisal presented better performance than the nylon in all the studied situations because of its Young's modulus being sufficiently superior than the one in the nylon and because it demonstrated better aspect ratio and interfacial adhesion between the fiber and matrix.

Keywords: Polymers, Polymers recycling, PVC, Composites, Fiber of nylon 6, Fiber of sisal, PVC recycling

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Evolução dos 6 materiais mais produzidos nos E.U.A., em termos de kg	13
Figura 02 – Principais aplicações do PVC no Brasil, em 2005	15
Figura 03 – Tempo aproximado de vida em serviço de produtos de PVC, em função do percentual de aplicação	16
Figura 04 – Estimativa de PVC em produtos longa vida, disponíveis para descarte	17
Figura 05 – Esquema de classificação dos compósitos	23
Figura 06 - Compósitos reforçados com fibras (a) contínuas e alinhadas, (b) descontínuas e alinhadas e (c) descontínuas e aleatoriamente orientadas	24
Figura 07 – Transmissão de carga matriz – fibra	25
Figura 08 – Curvas esquemáticas tensão-deformação	25
Figura 09 – Estrutura semicristalina dos termoplásticos	28
Figura 10 – Estrutura do PVC	33
Figura 11 - Código de reciclagem do PVC	34
Figura 12 - Polimerização do nylon	37
Figura 13 - Tecido de nylon 6	37
Figura 14 – Estrutura da celulose destacando a unidade básica (celobiose)	39
Figura 15 – Esquema de estrutura fibras vegetais	40
Figura 16 – Seção transversal das fibras de sisal por MEV	41
Figura 17 – Tamanho das fibras de nylon e sisal	41
Figura 18 – Esquema do método da pesquisa	86
Figura 19 – Molde de aço tipo gaveta	50

Figura 20 – Corpos de prova: (a) “gravatinha” e (b) “prismático”	51
Figura 21 – Ensaio de tração	52
Figura 22 – Ensaio de impacto (Máquina Zwick)	54
Figura 23 – Corpo de prova com entalhe após ensaio de impacto	55
Figura 24 – Entalhadeira TMI	55
Figura 25 – Ensaio de dureza (Durometro Emcotest)	56
Figura 26 - Diagramas carga x deformação no ensaio de tração	91
Figura 27 – Cargas máximas: valores máximos, mínimos e médios por formulação	62
Figura 28 – Módulo de elasticidade: valores máximos, mínimos e médios	63
Figura 29 – Cargas máximas: comparativo dos compósitos por teor de fibra	64
Figura 30 – Módulo de elasticidade: comparativo dos compósitos por teor de fibra	65
Figura 31 - Corpos de prova rompidos no ensaio de tração	66
Figura 32 - Diagramas típicos de carga x deformação	66
Figura 33 - Estágios na deformação de um polímero semicristalino	67
Figura 34 - Impacto: valores máximos, mínimos e médios por formulação	73
Figura 35 - Impacto: comparativo dos compósitos por teor de fibra	74
Figura 36 - Dureza: valores máximos, mínimos e médios por formulação	76
Figura 37 - Dureza: comparativo dos compósitos por teor de fibra	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Número de estudos sobre sisal publicados no período 1987-1998	30
Tabela 02 - Características típicas e propriedades mecânicas dos materiais	43
Tabela 03 – Produção e disponibilidade dos materiais pesquisados, na Bahia	45
Tabela 04 - Numeração das formulações	47
Tabela 05 – Composição dos corpos de prova	49
Tabela 06 – Variação dimensional	58
Tabela 07 – Massa específica dos corpos de prova	59
Tabela 08 – Propriedades físicas e mecânicas das formulações	61
Tabela 09 – Propriedades mecânicas (por corpo de prova)	87
Tabela 10 – Propriedades mecânicas – Estatística	89
Tabela 11 – Módulos de elasticidade – Valores teóricos e experimentais	70
Tabela 12 – Resistência à tração – Valores teóricos e experimentais	72

LISTA DE SÍMBOLOS

l_c - comprimento crítico da fibra

σ - tensão

d - diâmetro

F_l - força de ligação entre fibra e matriz

E - módulo de elasticidade ou módulo de Young

ϵ - deformação específica

T_f - temperatura de fusão

F - carga

A_o - área da seção transversal

l_i - comprimento instantâneo do corpo de prova

l_o - comprimento original do corpo de prova

l_f - comprimento final do corpo de prova

Δl - alongamento

k - parâmetro de eficiência da fibra no compósito

V - fração volumétrica

T - limite de resistência à tração

x - parâmetro de transmissão da carga matriz-fibra

Índices

c - compósito

f - fibra

m - matriz

max - máxima

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 Apresentação	13
1.2 Objetivos	20
1.3 Conteúdo	21
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
2.1 Compósitos	22
2.1.1 Compósitos reforçados com fibras curtas e dispersas	23
2.1.2 Compósitos poliméricos com fibras	29
2.2 PVC	33
2.3 Nylon 6	36
2.4 Sisal	38
3. MATERIAIS – CARACTERÍSTICAS E DISPONIBILIDADE	42
3.1 Características físicas e mecânicas dos materiais	42
3.2 Disponibilidade dos materiais	43
4. PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO BÁSICA DOS COMPÓSITOS	46
4.1 Planejamento do trabalho experimental	46
4.2 Produção dos corpos de prova	47
4.3 Caracterização dos compósitos	50
4.4 Ensaios	52
4.4.1 Ensaio de tração direta	52
4.4.2 Ensaio de impacto	54
4.4.3 Ensaio de dureza	56
5. CARACTERIZAÇÃO E COMPORTAMENTO MECÂNICO DOS COMPÓSITOS	57
5.1 Características físicas e composição química dos compósitos	57
5.2 Resultados dos ensaios	60
5.2.1 Tração	61
5.2.2 Impacto	72
5.2.3 Dureza	75

6. CONCLUSÕES	78
REFERÊNCIAS	82
ANEXOS	86
I - Figura 18 – Esquema do método da pesquisa	86
II – Tabela 9 - Propriedades mecânicas (por corpo de prova)	87
III - Tabela 10 - Propriedades mecânicas – Estatísticas	89
IV – Figura 26 - Diagramas carga x deformação no ensaio de tração	91

1. INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

A Ciência e a Engenharia dos Materiais tendo que cumprir sua função social encontra-se diante de dois desafios ao lidar com os materiais poliméricos, fruto de sua própria criação. Há um primeiro, o da sua produção, atendendo o interesse privado, no qual a engenharia tem demonstrado ser extremamente criativa na pesquisa e na solução das demandas que lhe são colocadas, gerando, portanto, incremento significativo da produção de polímeros, em relação aos outros tipos de materiais (Figura 1).

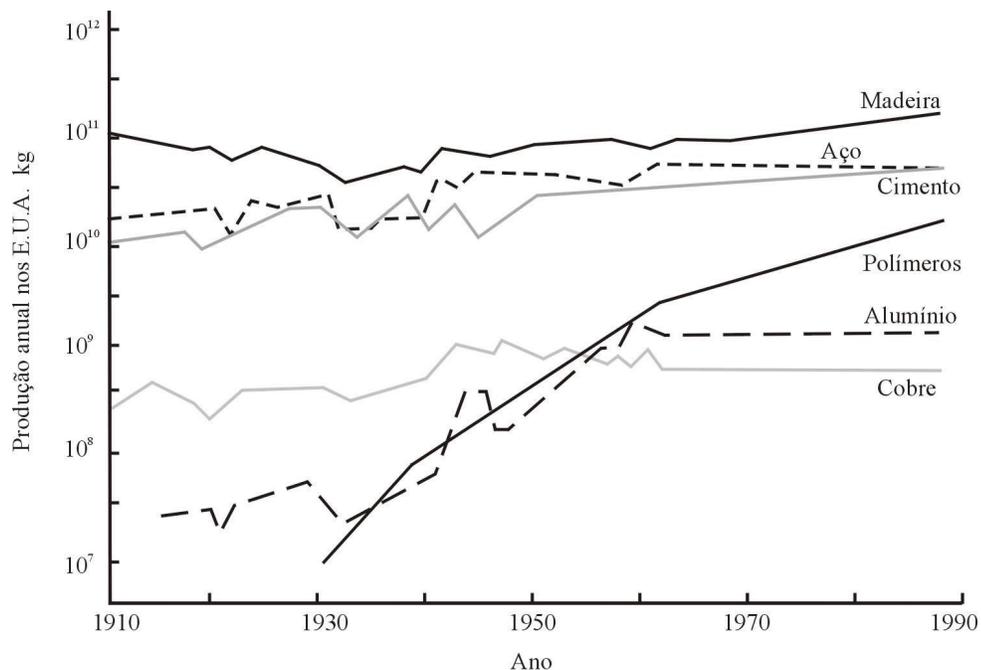


FIGURA 1 – Evolução dos seis materiais mais produzidos nos E.U.A., em termos de peso (kg)

Fonte: Smith, 1998, p. 11

Entretanto, em um segundo desafio, o seu descarte final, atendendo ao interesse social/ambiental, a engenharia ainda apresenta uma performance muito acanhada, no sentido de

implementar soluções tecnológicas diante da escala já atingida pelo problema criado no meio ambiente. Assim é que, aliada à crescente produção industrial de polímeros, surge também uma séria preocupação da comunidade científica e do setor industrial em desenvolver pesquisas voltadas para a reciclagem e a produção de polímeros biodegradáveis e de fácil reaproveitamento. A reciclagem de plásticos, em nível mundial, no mundo comparada com outros materiais ainda é insignificante (LOFTI, 2005) uma vez que somente 3,5% deles são reciclados contra 34% de papel, 22% de vidro e 30% de metais.

Não há, hoje em dia, como se negar que o planeta Terra, a biosfera, emite preocupantes sinais de exaustão, em função da exploração predatória e irracional (do ponto de vista social) dos recursos naturais não renováveis e do descarte irresponsável (do ponto de vista ambiental) de resíduos gerados pela produção e pelo consumo. Portanto, urge um esforço coletivo no sentido de que se estabeleça a prioridade do interesse social nas duas faces da economia: a produção e o consumo. Neste sentido, tanto a Ciência quanto a Engenharia dos Materiais têm a responsabilidade de desenvolver pesquisas, que possibilitem e viabilizem, o desenvolvimento sustentável.

Essa preocupação com o desenvolvimento sustentável foi determinante na escolha dos materiais residuais pesquisados neste trabalho. O PVC, o nylon 6 e o sisal, são materiais poliméricos que na condição de resíduos e rejeitos, foram testados como componentes de materiais compósitos.

A escolha do PVC decorre de sua crescente importância no mundo e, notadamente, nos contextos urbanos, tanto pela sua produção quanto pelo seu descarte, nos resíduos sólidos urbanos. A participação do PVC nos materiais de construção, tubos e conexões, fio e cabos,

laminados, perfis, vem crescendo nos últimos anos, o que se verifica, por exemplo, na fabricação de esquadrias, portas e janelas.

Nos EUA, segundo Moraes (2005), 46% do mercado de janelas são de PVC enquanto na Europa Ocidental vem crescendo a uma taxa de 16% ao ano, atingindo, em 2000, uma média de 38%, com destaque no Reino Unido e na Áustria onde ultrapassa 50%, e na França com 43%. As principais aplicações do PVC no Brasil (Figura 2), diretamente feitas na construção civil são em tubos, conexões, perfis e cabos que representam cerca de 63% da sua demanda no país. Partindo-se da constatação do baixo consumo *per capita* do PVC no Brasil, apenas 4,0 kg/hab/ano (RODOLFO Jr. *et al.*, 2006), e de crescente restrição de exploração florestal por motivos ambientais, não resta dúvida de que há uma tendência de considerável aumento de sua participação na produção de materiais de construção que hoje são produzidos com madeira.

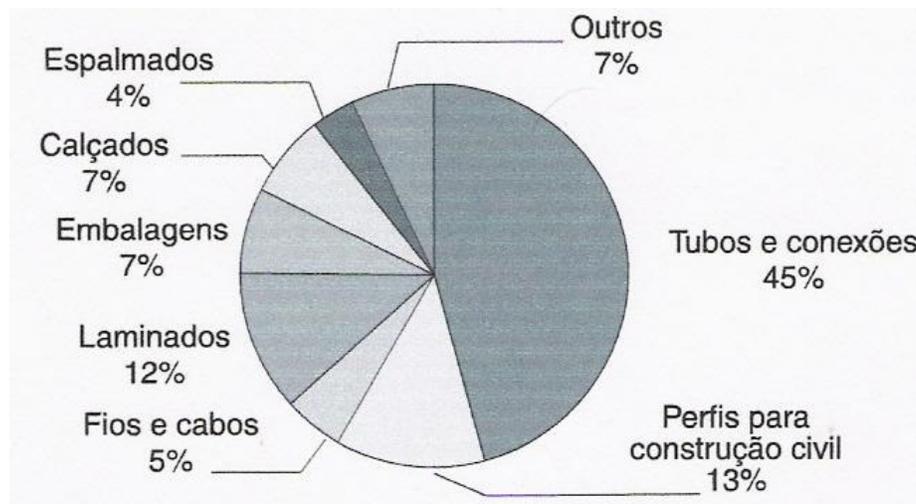


FIGURA 2 – Principais aplicações do PVC no Brasil, em 2005
 Fonte: Abivinila apud Rodolfo Jr. *et al.*, 2006, p.13

Quanto ao seu descarte, segundo dados da Organização Não-Governamental CEMPRE - Compromisso Empresarial para a Reciclagem – (apud RODOLFO Jr. *et al.*, 2006), os plásticos representam 6% em peso do lixo urbano; o PVC, por sua vez, representa 14 %, ou seja, ocupando

hoje, percentualmente, a terceira posição atrás dos polietilenos (37%) e do PET (21%). Assim, o PVC representa 0,8% do total do resíduo sólido urbano, com tendência a aumentar sua participação ano a ano, já que é caracterizado notadamente como um material de aplicações de longo ciclo de vida, ou seja, mais de 20 anos (Figura 3).

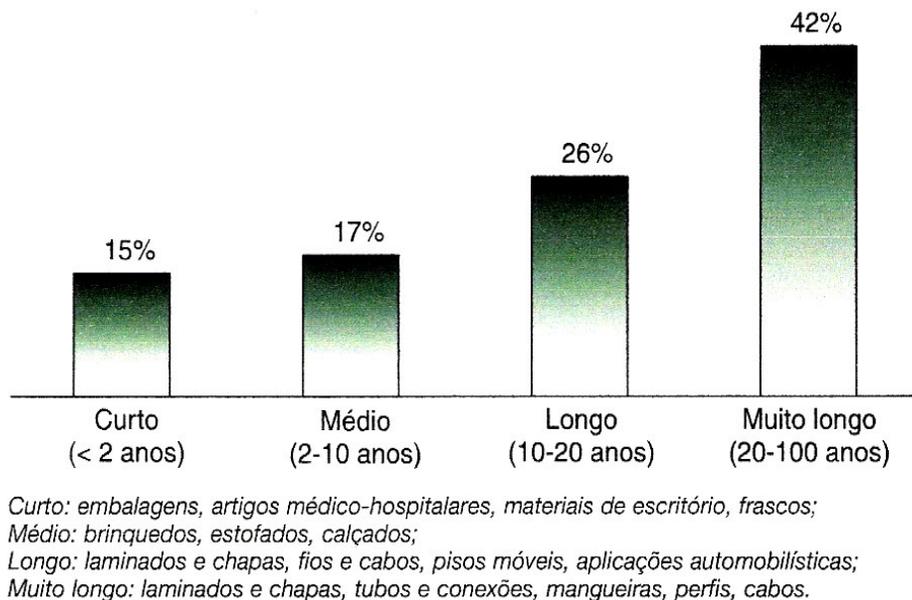


FIGURA 3 - Tempo aproximado de vida em serviço de produtos de PVC, em função do percentual de aplicação

Fonte: ECVM apud Rodolfo Jr. *et al.*, 2006, p.15

Pelo tempo já decorrido de uso nas construções, as atividades de manutenções, reparos e demolições estão descartando crescentes quantidades de PVC como entulho nos resíduos sólidos urbanos. Estima-se que, do montante total de PVC produzido até hoje e utilizado em produtos de longa vida, cerca de 300 milhões de toneladas (Figura 4) estejam sendo descartadas no mundo nas próximas três ou quatro décadas (LOFTI, 2005).

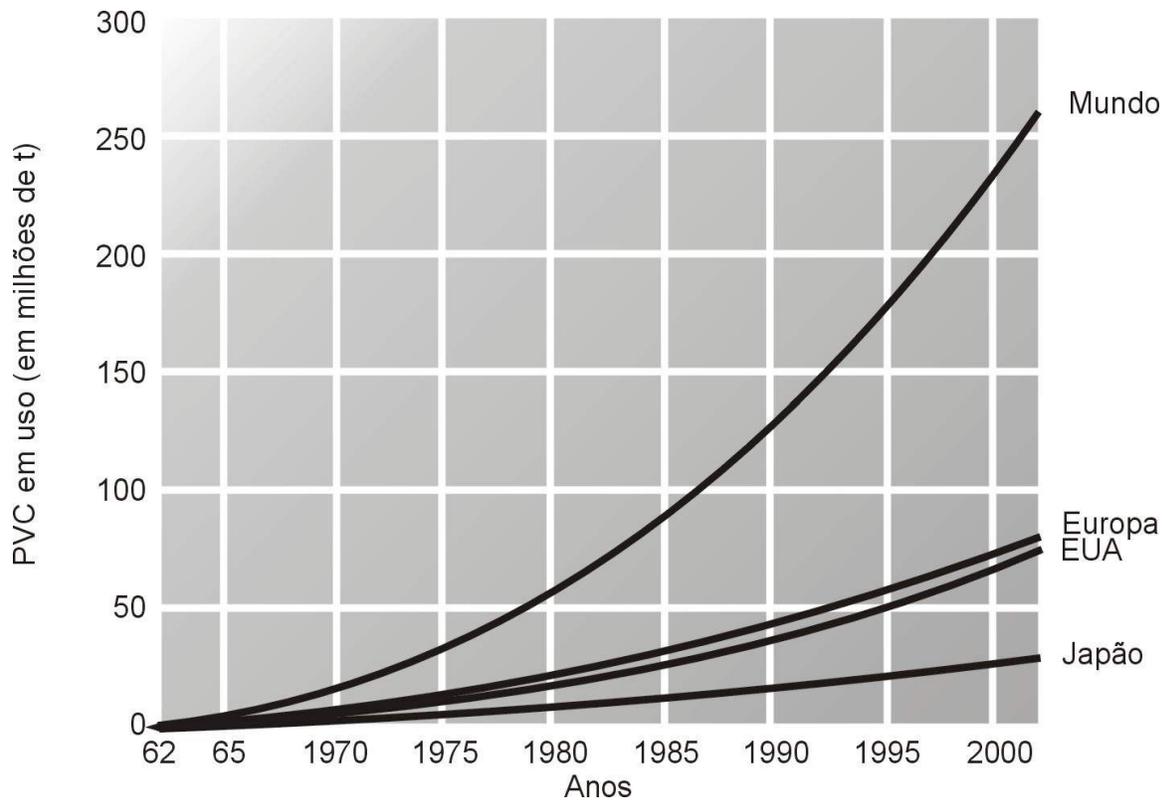


FIGURA 4 – Estimativa de PVC acumulado em produtos de longa vida, disponíveis para descarte.
Fonte: Auchter et al., 1993, apud Lofti, 2005 (adaptado).

O nylon 6 estudado nesta pesquisa é originado como rejeito, no seu processamento, por motivos de falhas e interrupções na produção de quantidades programadas, tendo os fios descartados as mesmas características técnicas do material colocado pelo fabricante no mercado, como componente de pneus. Como resíduo não tem hoje nenhuma aplicação, sendo descartado juntamente com outros resíduos sólidos da indústria. Há uma tendência de diminuição de sua disponibilidade, a médio e longo prazo, como rejeito, em função de melhoria contínua no seu processo de fabricação. Esse fato concorre também para a escolha do sisal como outra fibra para material de reforço no compósito de PVC reciclado, uma vez que já vem sendo estudado com essa função, em diversas pesquisas adiante citadas, além de ter aplicação em uma variada gama de produtos artesanais e industriais.

A fibra de sisal, como resíduo, assume fundamental importância por ser decorrente de produção agrícola e posterior beneficiamento das folhas da *agave sisalana perrine* (nome científico da planta). Resulta, portanto, de atividades produtivas que, segundo o Sindicato das Indústrias de Fibras Vegetais da Bahia (SINDIFIBRAS), em matéria publicada no jornal Valor Econômico (2005), empregam na Bahia cerca de 600 mil pessoas, na região do semi-árido, que abrange uma área cultivada de aproximadamente 150 mil hectares (150 municípios).

A importância da cultura do sisal na Bahia, estado responsável por 94% da produção nacional, levou o Governo estadual a lançar, no início do ano 2005, um programa destinado a recuperar a cultura do sisal, praticamente estagnada nos últimos anos, através de treinamento de mão-de-obra e financiamento de maquinário para as associações de produtores.

Dentro desse esforço, a Fundação Amparo a Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) tem linha de financiamento visando o desenvolvimento de tecnologias para o aproveitamento, como alimentação animal, dos resíduos das folhas do sisal que sobram (96% da folha) após a separação das fibras. O Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia (CIMATEC), órgão do SENAI/BA, por sua vez, está pesquisando compósitos de polipropileno e sisal, como materiais para as indústrias automobilísticas, de móveis e de eletroeletrônicos.

Viabilizar novas aplicações industriais para o sisal significa incrementar a única cultura com possibilidade de contribuir decisivamente para o desenvolvimento sustentável local, na região do semi-árido baiano. Dessa maneira, este estudo tem a pretensão de inserir-se num esforço de produção científica na Bahia, sobre o sisal, que, no momento atual, conta com pesquisas que vêm sendo desenvolvidas na UFBA – Universidade Federal da Bahia, na UNEB – Universidade Estadual da Bahia, na UEFS – Universidade Estadual de Feira de Santana e no SENAI/CIMATEC.

É importante ressaltar que a pesquisa, aqui apresentada, investigando o comportamento mecânico de compósitos constituídos com materiais reciclados, pode abrir caminho para novas pesquisas aplicadas que visem a produção de novos tipos de materiais de construção de baixo custo tais como pisos, esquadrias, portas, janelas, placas, telhas, tubos, vigas e outros (MORAES, 2005; ALMEIDA, 2003; SAVASTANO Jr., 2000; GUIMARÃES, 1990). Isto, do ponto de vista ambiental, poderá ajudar, não só a reduzir a crescente quantidade de descarte nos resíduos sólidos urbanos, mas também, indiretamente, a atenuar a pressão sobre os recursos naturais.

No aspecto econômico, os materiais pesquisados são resíduos (PVC e o sisal) ou rejeitos (nylon 6), tendo valor significativamente abaixo dos materiais originais que em dezembro de 2005, através de consulta realizada no mercado local, estavam sendo comercializados com os seguintes preços médios: o PVC equivalendo a R\$ 9,00/kg; o nylon 6 a R\$ 5,00/kg e o sisal tendo um preço pago ao produtor de R\$ 0,86/kg. Vale destacar, neste aspecto, que o sisal representa apenas 17% do preço do nylon 6, tendo vantagens em relação a outras fibras pois, segundo Carvalho (2005, p.3), seu “preço relativo tem sido aproximadamente 11% do preço de fibras de vidro e 0,07% do valor das fibras de carbono”, além de ser também vantajoso em relação às demais “fibras vegetais quando compara-se o desempenho mecânico e custo unitário”.

Dessa forma, os resultados desta pesquisa poderão contribuir para a oferta de novos materiais de construção com melhor qualidade e preços mais baixos, permitindo uma redução dos custos da construção civil, ou seja, da produção do ambiente construído.

Quanto aos aspectos sociais, a viabilidade da aplicação desses compósitos na produção de materiais de construção contribuirá para o incremento da geração de emprego e renda, não só na atividade industrial como também na agricultura.

Por todos estes aspectos, as indústrias civil e petroquímica produtoras de tais resíduos e rejeitos poliméricos, as entidades ligadas ao cultivo e beneficiamento do sisal, bem como as instituições governamentais que objetivam o barateamento dos custos da habitação popular e de urbanização, terão interesse em apoiar futuras pesquisas decorrentes dos resultados que são apresentados na conclusão desta dissertação.

1.2 Objetivos

Objetivo geral

Avaliar as propriedades mecânicas de compósitos produzidos com matriz de PVC reciclado, tendo como fase dispersa a fibra de nylon 6 ou de sisal, sendo ambas, também, materiais residuais da indústria.

Objetivos secundários

a) comparar através das propriedades mecânicas, o desempenho dos materiais PVC original e PVC reciclado com compósitos de PVC reciclado, reforçados com fibras de nylon 6 e com fibras de sisal;

b) determinar em que medida a adição das fibras de nylon 6 e de sisal na matriz de PVC reciclado, na produção de materiais compósitos, recupera propriedades mecânicas do PVC original;

c) possibilitar, através de novos conhecimentos sobre reciclagem, o aproveitamento de resíduos da indústria, o PVC, o nylon 6 e o sisal, reduzindo o atual descarte nos resíduos sólidos urbanos;

d) subsidiar futuras pesquisas aplicadas que venham resultar em novos produtos destinados para a construção civil, barateando custos de produção do ambiente construído, a partir dos compósitos estudados.

1.3 Conteúdo

Esta dissertação compõe-se dos seguintes capítulos: no primeiro consta a apresentação da pesquisa, sua justificativa e objetivos; no segundo é feita uma revisão bibliográfica sobre compósitos reforçados com fibras curtas, descontínuas e aleatoriamente orientadas, o PVC, o nylon 6 e o sisal, a qual apresenta os mais significativos estudos que a literatura vem publicando, quanto às pesquisas realizadas com compósitos similares e quanto aos principais aspectos técnicos referentes aos materiais poliméricos e sua reciclagem; no terceiro são apresentados os materiais recicláveis utilizados na pesquisa para constituírem os compósitos, além das suas disponibilidades; no quarto são descritos os métodos seguidos para a produção e caracterização física e química dos compósitos, em forma de corpos de prova, além da descrição dos procedimentos para realização dos ensaios mecânicos de tração direta, de impacto e de dureza; no quinto são apresentados e discutidos os resultados obtidos nos ensaios realizados; e por fim, no sexto as conclusões e sugestões para futuras pesquisas.