



Tendências Tecnológicas de Adesivos e Selantes Aplicados na Construção Civil

Aline Marta Vasconcelos Loureiro ¹, Suzana Borschiver ², Paulo Luiz de Andrade Coutinho ³

Abstract

This article discusses a survey on the technology of adhesives and sealants used in the construction sector, with scientific articles and patents as sources of information. The search for scientific articles was performed in the *Science Direct* database and for patents it was performed in the *United States Patent and Trademark Office* database. All the data were mined using “adhesive” and “sealant” as keywords.

Keywords: adhesives; sealants; technology monitoring.

Resumo

Este artigo aborda um estudo de monitoramento informacional de adesivos e selantes aplicados ao setor de construção civil, usando como fontes de informação artigos científicos e patentes. No caso da busca por artigos, foi utilizada a base de dados *Science Direct* e no caso das patentes foi utilizada a base de dados do *United States Patent and Trademark Office*. Os dados foram obtidos empregando-se como palavras-chave “adhesive” e “sealant”.

Palavras-chave: adesivos; selantes, monitoramento tecnológico.

¹ Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI). Pesquisadora em Propriedade Industrial - IQUM I - DIRPA - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Rua Mayrink Veiga, nº 9 / 19º andar - Centro - Rio de Janeiro/RJ - CEP 20090-050
Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Cidade Universitária - Centro de Tecnologia, Bloco E - 2º andar - DPO - Área de Gestão e Inovação Tecnológica - Rio de Janeiro/RJ - CEP: 21949-900. e-mail: alinemartaufRJ@hotmail.com

² Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Cidade Universitária - Centro de Tecnologia, Bloco E - 2º andar - DPO - Área de Gestão e Inovação Tecnológica - Rio de Janeiro/RJ - CEP: 21949-900. e-mail: suzana@eq.ufrj.br

³ Braskem S.A. Avenida das Nações Unidas, 8501 / 25º andar - Pinheiros - São Paulo/SP. CEP: 05425-070. e-mail: paulo.coutinho@braskem.com.br

Introdução

Adesivos e selantes consistem em um importante segmento de aplicação da Química de Polímeros, pois o ato de aderir dois ou mais substratos tem se tornado indispensável não só na indústria, mas também em nossas tarefas cotidianas. Os adesivos e selantes são capazes de satisfazer inúmeras necessidades específicas, existindo atualmente milhares de produtos para atender as mais diversas aplicações.

Quanto aos setores de aplicação, as edificações (moradias, fábricas, lojas, etc.) e a engenharia civil compõem um dos maiores mercados de adesivos e selantes, em toneladas, e também em capital monetário, porque estão envolvidas grandes superfícies e numerosas juntas (Cognard, 2003). Embora o setor de embalagens detenha a maior fatia (28%) do mercado de adesivos e selantes no mundo, seguido por construção civil e transporte (ambos com 17%), dados de mercado apontam que o setor de construção civil é o que possui crescimento mais acelerado (Murad, 2007).

O termo construção civil (ou simplesmente construção) adotado neste trabalho engloba edificações e construção pesada. No Brasil, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o setor de construção civil participa com 7,3% do PIB (Produto Interno Bruto) do país, ou seja, algo em torno de R\$142 bilhões (Nascimento, 2007). Além da importância econômica, a atividade da construção civil no país tem relevante papel social, como a geração de emprego e impostos, além de apresentar um dos mais baixos coeficientes de importação, inferior a 2% da demanda total (USP, 2003).

No passado, colagem e selagem de materiais tradicionais na construção era feita com cimento, gesso ou adesivos naturais para utilização em ladrilhos e azulejos de cerâmica, construção de paredes e materiais de decoração. Mas desde a Segunda Guerra Mundial, novos materiais de construção foram desenvolvidos, tais como plásticos, painéis de gesso, espumas isolantes, painéis de madeira e muitas novas matérias-primas sintéticas para decoração. Todos estes novos materiais necessitam de novos adesivos com boa aderência, melhor desempenho e técnicas de aplicação mais fáceis.

Além disso, a construção civil requer técnicas rápidas.

As novas técnicas de pré-fabricação proporcionam construção e montagem mais acelerada por meio de peças pré-fabricadas, painéis, coberturas, divisórias. Também são requeridas técnicas confiáveis, que permitem a união de concreto a concreto ou de metal a concreto, com epóxis ou argamassas baseadas em cimento modificado (Cognard, 2003).

Comparando-se com tecnologias conhecidas de junção, como por exemplo, parafusos, rebites e soldas, a técnica adesiva apresenta muitas vantagens, entre elas, a distribuição uniforme de estresse e a possibilidade da união entre materiais dissimilares; embora possua algumas desvantagens, como, a necessidade de preparação da superfície a ser unida e a definição do tempo de cura requerido para o adesivo (Cognard, 2003; Pasternak et al, 2004).

A busca por vantagens competitivas tem pressionado cada vez mais as organizações a se anteciparem para atender e/ou criar novas demandas de seus concorrentes. Neste cenário, o domínio das informações e a o conhecimento das tendências tecnológicas se tornam uma poderosa ferramenta de competitividade.

Desta forma, neste trabalho foi realizado um monitoramento informacional a respeito de adesivos e selantes aplicados no setor da construção civil, a partir de fontes consistentes de informação, oriundas de produção científica (artigos científicos) e de produção tecnológica (patentes).

Tendências de Aplicações dos Adesivos e Selantes verificadas em artigos científicos

Metodologia

A base de dados escolhida para a realização da busca por artigos científicos foi *Science Direct* (<http://www.sciencedirect.com>). A escolha desta base de dados levou em consideração a sua disponibilidade para alunos de Pós-Graduação na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e o fato de que possui um compêndio de artigos científicos de periódicos com textos completos e resumos, em diversas áreas do conhecimento, dando ênfase para Medicina, Ciências e Tecnologia, além de permitir a busca por palavras-chave.

Na busca efetuada empregou-se como critérios o título conter as palavras “adhesive(s)” e/ou “sealant(s)” e a publicação ter sido recente (de janeiro de 1998 até março de 2009). Foram analisados os títulos destes artigos, selecionando-se aqueles que são pertinentes às mais variadas aplicações do setor de construção civil. Desta forma, foram obtidos 25 artigos científicos recentemente publicados sobre adesivos e selantes aplicados diretamente no setor de construção civil. A seguir encontram-se apontadas as principais tendências verificadas nestes artigos.

Resultados e Discussão

Após a leitura criteriosa dos artigos científicos selecionados, criou-se três taxonomias dos principais assuntos priorizados pelos autores. A primeira grande área trata de estudos envolvendo adesivos aplicados na construção, a segunda destaca os estudos envolvendo selantes aplicados na construção e a última mostra iniciativas para que adesivos e selantes aplicados na construção se tornem menos prejudiciais ao meio ambiente, uma vez que esta é uma preocupação recente e crescente.

Adesivos aplicados à construção

Recentemente os engenheiros civis e a indústria de construção têm começado a perceber o potencial dos compósitos (produtos cuja composição tem dois ou mais tipos de materiais diferentes) para reforço em muitas situações associadas à deterioração de infra-estruturas. Os compósitos apresentam boas propriedades, tais como rigidez, baixa densidade, alta resistência a fadiga, alto amortecimento e baixo coeficiente térmico. O aumento da aplicação de material compósito de polímero reforçado com fibra se deve a sua capacidade de substituir o aço convencionalmente usado em estruturas de concreto armado, estando disponíveis *guidelines* para a seleção dos adesivos poliméricos para concreto. Historicamente, os compósitos foram primeiramente usados como materiais de reforço em concreto, colunas e paredes de alvenaria contra possíveis terremotos, no entanto a maioria das pesquisas tem se concentrado no reparo das estruturas existentes (Pendhari et al, 2008).

Hovan (2001) constatou que o uso de materiais

compósitos em aplicações arquitetônicas vem crescendo rapidamente. Seu estudo investiga como adesivos estruturais¹ têm simplificado processos de aplicações de compósitos nas indústrias arquitetônica, de transporte e marinha. O uso de adesivos estruturais, especialmente os adesivos de metacrilato, possui como maior das vantagens a sua habilidade de unir a maioria dos materiais com pouca ou nenhuma preparação da superfície.

Arquitetos estão rapidamente aprendendo que montagens complexas podem ser ligeira e facilmente executadas a partir de plástico reforçado com fibra de vidro. Materiais compósitos reforçados de fibra baseados em resinas poliméricas termorrígidas têm sido uma alternativa para renovação de estruturas da construção civil, no entanto, estas aplicações podem ter sua durabilidade afetada por movimentos repetidos de cargas, ambiente aquoso (alta umidade atmosférica, água do mar, chuva ácida), mudanças na temperatura, deteriorações químicas e ambiente alcalino nas proximidades do cimento Portland.

Frigone e colaboradores (2006) investigaram a força de união de adesivos epóxis usados na indústria de construção e sua eficiência quando ligados a elementos de concreto. A presença de água nos materiais compósitos pode iniciar mudanças estruturais indesejáveis na matriz, no reforço de fibra e na interface concreto/matriz. A umidade é provavelmente o mais perigoso agente ambiental para os adesivos epóxis usados em aplicações de construção civil. A sorção de água pode grandemente influenciar as propriedades físicas do polímero termorrígido e seus compósitos, pois a água entra na resina por difusão ou capilaridade provocando rachaduras ou hidrólise. A maioria dos adesivos modernos não é facilmente hidrolisável, mostrando boa resistência química à água. A presença de água também afeta o concreto: um excesso de água reduz as propriedades mecânicas no estágio de cura e após a cura acelera a corrosão eletroquímica no caso do concreto armado.

Uysal (2005) também retrata em seu trabalho que

¹ O termo adesivo estrutural é usualmente reservado para descrever adesivos que apresentam altas forças de cisalhamento (maiores que 6,9 MPa, conforme a norma ASTM D-1002), além de boa resistência às intempéries (PETRIE, 2000).

materiais compósitos fabricados a partir de madeira com diferentes adesivos têm tido crescente utilização na construção de mobílias e edificações. Resinas sintéticas vêm sendo produzidas conforme o tipo de madeira usado e as condições de umidade, pois a madeira é um material higroscópico, e, portanto as suas dimensões flutuam de acordo com a umidade relativa. Em seus experimentos foram empregados painéis compensados de madeira com adesivos de acetato de polivinila, de poliuretana, de formaldeído-uréia e de fenol-formaldeído.

Vidros planos têm sido usados na construção de paredes, telhados, vigas, colunas e pisos. Entretanto, a flexibilidade inerente dessas estruturas de lâminas não possibilita longas distâncias e altas cargas sem induzir deflexões, e além disso, grandes lâminas de vidro não podem ser facilmente extrudadas ou prensadas. Pye e Ledbetter (1998) exploraram a aplicação de adesivo às vigas de vidro compósito para construção de paredes, telhados e estruturas de cobertura.

Pasternak e colaboradores (2004) relatam que adesivos estruturais não eram aplicados em estruturas feitas de aço, mas os autores demonstram que estes adesivos são eficientes, sendo uma alternativa às técnicas de união comumente realizadas em peças de aço (parafusos ou soldas) ou podendo ser usada em combinação com estas

técnicas. Foram realizados vários testes de conexões adesivas utilizando adesivos de 1 e 2 componentes sob diferentes cargas e também testes de conexões combinando a união mecânica (rebites) e a adesiva. Os autores concluíram que as conexões adesivas apresentam resistência e dureza, mas a segurança pode ser aumentada com o uso de rebites.

Blandini (2007) também descrevem o uso de adesivos estruturais para a construção de estruturas de vidro, não só na arquitetura moderna, mas também para restauração de prédios históricos. Graças às juntas adesivas é possível obter estruturas de vidro sem usar armação ou conexão metálica, aumentando o grau de transparência. Os adesivos testados foram acrílicos, epóxis e poliuretanas, que demonstraram comportamento satisfatório sob diferentes temperaturas e cargas, além de excelente qualidade estética e eficiência estrutural.

Em suma, os artigos selecionados mostram aplicações relevantes dos adesivos estruturais, especialmente quando utilizados em materiais compósitos. Na tabela a seguir encontram-se os principais usos desses adesivos estruturais explícitos pelos autores dos artigos selecionados.

Autores e ano de publicação dos artigos científicos selecionados	Uso em materiais compósitos	Uso em concreto	Uso em madeira	Uso em vidros	Uso em conexões metálicas
PENDHARI et al. (2008)	X	X			
HOVAN (2001)	X				
FRIGONE et al. (2006)	X	X			
UYSAL (2005)	X		X		
PYE e LEDBETTER (1998)	X			X	
PASTERNAK et al. (2004)					X
BLANDINI (2007)				X	

Tabela I - Usos dos adesivos explícitos pelos autores dos artigos selecionados.

Selantes aplicados à construção

Com relação especificamente aos selantes aplicados na construção civil, encontrou-se um número de artigos científicos menor que os de adesivos. Chew foi o pesquisador com o maior número de publicações.

Em um dos seus trabalhos, Chew (2000a) elaborou uma revisão sobre os defeitos e os movimentos da junta selante de revestimento de parede de concreto sob condições tropicais. No projeto e na construção de revestimentos de paredes, a acomodação de movimentos devido a natureza do material e ao ambiente é uma questão vital no que diz respeito à durabilidade, especialmente lidando com sistemas compósitos. Segundo este pesquisador, um sistema efetivo contribui para proteger a edificação das intempéries e previne a infiltração de água e ar. A degradação do selante pode ser definida como um processo de deterioração resultante de efeitos combinados de radiação atmosférica, calor, oxigênio, água, microrganismos e outros fatores. Os modos de degradação do selante são: degradação térmica, mecânica, biológica, hidrolítica, por radiação de luz ultravioleta e visível e por reação química.

Chew (2000b) também estudou o desenvolvimento de técnicas de teste *on site* não destrutivas para avaliação do desempenho de selantes em fachadas de construções. A evolução da arquitetura moderna representa uma tendência crescente do uso de selantes elastoméricos tais como silicones, polissulfeto e poliuretano, polímeros que permitem um *design* mais criativo e são capazes de acomodar vibrações mecânicas, movimentos térmicos, expansões e contrações decorrentes da variação de teor de água. Desta forma, a integridade da edificação é mantida devido às propriedades elastoméricas dos selantes, as quais evitam a infiltração de água e ar.

Em outro trabalho Chew (2001a) testou 13 selantes de alto desempenho comumente usados em fachadas (constituídos de polissulfeto, poliuretano e silicone), sendo curados sob condições controladas e testados durante um período de 5 meses. O impacto no orçamento para manutenção da integridade da construção é significativo, embora somente consista em uma pequena proporção de todo o custo da obra. Na verdade, somente cerca de 1/10 do custo do exterior da

edificação corresponde aos selantes. Recentemente a indústria tem se preocupado com as características de cura dos selantes, inapropriados para clima tropical.

A significância das características de cura dos selantes elastoméricos durante e após a instalação tem atraído muita atenção, já que o nível de interação das cadeias poliméricas durante o processo de cura está diretamente relacionado com a força, capacidade de movimento e recobrimento elástico do material (ou seja, habilidade do selante em acomodar o movimento de juntas sem falhar adesivamente ou coesivamente). A cura completa pode variar desde 2 semanas até alguns meses (Chew, 2001a).

Chew e seus colaboradores (2001b) aplicaram a espectroscopia de reflexão interna ou refletância total atenuada (ATR) para caracterização de estrutura química de formulações de poliuretano empregadas como selantes de fachadas. O clima tropical, com suas elevadas temperaturas e freqüentes chuvas, torna-se prejudicial para o desempenho das juntas selantes em fachadas de construções. Os selantes quando instalados *on site* estão sujeitos a várias formas de estresse e deformação. O calor e a água podem exercer modificações físicas e químicas no selante. A alta temperatura fornece energia suficiente para ocorrerem adicionais ligações na cadeia polimérica, fenômeno conhecido como “pós-cura”. Os silicones são o tipo de selantes mais estáveis teoricamente devido a suas ligações Si-C e Si-O, que possuem energias maiores que a ligação C-C, normalmente encontrada no selante de poliuretano. Já a água pode provocar mudanças físicas no selante como inchamento ou mudanças químicas, como a introdução de reação hidrolítica na cadeia polimérica (Chew et al, 2001b).

Chew e colaboradores (2004) também simularam posteriormente condições tropicais (tais como temperatura, chuvas, retenção de água e luz do sol) combinando simulação de movimentos de contração e dilatação do alumínio em juntas selantes sob mudança de temperatura.

Buyl (2001) faz uma revisão na literatura sobre os métodos de preparo de silicones e seus usos, ressaltando os selantes e adesivos estruturais aplicados na construção civil, sendo que os selantes 100% de

silicone mostram excelente resistência. As propriedades dos selantes de promover uma barreira a fatores ambientais como umidade, chuvas direcionadas, água pressurizada, areia e poeira são alcançadas quando os selantes são capazes de absorver movimentos da junta sem danificar os substratos ou a si próprios. Fachadas de vidro se tornaram possíveis graças ao desenvolvimento do selante de silicone e do vidro estrutural. A tecnologia do vidro estrutural usando selantes de silicone tem melhor respondido às exigências impostas pelos arquitetos: resistência mecânica e estabilidade, segurança sob condições normais e em caso de fogo, com relação a aspectos de higiene, saúde e ambientais, proteção contra barulho e necessidade de reduzir consumo de energia e de reter calor nas edificações.

Os pesquisadores Hutchinson e Iglauer (2006) ratificam que os selantes possuem papel fundamental para a manutenção de modernas fachadas impermeáveis à água. Técnicas de construção recentes empregam paredes que consistem em grandes painéis anexados a armações de

aço ou concreto reforçado. Os espaços vazios ou as juntas entre estes painéis são geralmente preenchidos com um selante elastomérico, aplicado no local, com o intuito de vedar os espaços vazios e acomodar movimentos. O selante deve ser capaz de exibir boas propriedades adesivas e coesivas, garantir que a estrutura seja impermeável à água, prevenir a perda de calor e permitir a expansão e compressão dos elementos da construção que expandem e contraem termicamente. As juntas selantes compreendem um substrato (usualmente alumínio ou concreto), *primer* (silano ou isocianato dissolvido em solvente orgânico), selante e um material polimérico (polietileno ou poliuretano).

Resumindo, todos os artigos selecionados tratam de selantes elastoméricos resistentes às mais variadas condições de exposição às quais podem estar sujeitos em fachadas de construções. A tabela a seguir apresenta as composições dos selantes que foram alvo de estudo de cada autor dos artigos selecionados.

Autores e ano de publicação dos artigos científicos selecionados	Silicone	Poliuretano	Polissulfeto	Acrílico
CHEW (2000a)	X	X	X	X
CHEW (2000b)	X	X	X	
CHEW (2001a)	X	X	X	
CHEW et al. (2001b)		X		
CHEW et al. (2004)		X		
BUYL (2001)	X			
HUTCHINSON e IGLAUER (2006)	X	X	X	

Tabela 2 - Composições dos selantes abordadas pelos autores dos artigos selecionados.

Adesivos e selantes ambientalmente corretos aplicados a construção

A indústria de construção possui a preocupação com a reciclagem de rejeitos gerados. Os materiais possuem diversos tipos de componentes e se a separação de materiais combinados for dificultada não poderão ser reciclados ou re-utilizados.

Neste sentido, Ishikawa e outros (2005) desenvolveram

uma nova forma de tecnologia adesiva para a indústria da construção que possibilita unir materiais de construção que podem ser separados por simples aquecimento acima de 100°C. Pontes de hidrogênio e forças intermoleculares são as principais forças presentes na junta adesiva, então um método que aumente a distância intermolecular enfraquece esta união. No momento da reciclagem as partículas sofrem expansão térmica por aquecimento, a distância intermolecular aumenta e, conseqüentemente, as forças de união são reduzidas e as

junções podem ser separadas. É importante que os adesivos separáveis sejam flexíveis o suficiente para que não atrapalhem a expansão térmica e que a ligação adesiva seja tão forte como em adesivos convencionais. A tecnologia de fabricação é igual para os adesivos convencionais e o tempo de aquecimento para a separação de materiais combinados é bem menor, o que a torna eficiente não só pelo desempenho (adesão e separação), mas também pela fabricação e custo.

Onusseit (2006) também se preocupou com a influência dos adesivos sobre os materiais a serem reciclados. Para se realizar a reciclagem com sucesso, na fase de projeto deve-se pensar nos componentes do adesivo a serem aplicados no produto que futuramente será reciclado. Embora, por vezes, os adesivos não possam ser reciclados isoladamente devido a sua pequena quantidade, é importante que se faça a escolha de adesivos que não prejudiquem a reciclagem dos materiais. Este autor estudou a influência da composição de adesivos na reciclagem de vidro, metal, plástico e papel. Adesivos que possuem polímeros orgânicos normalmente não causam problemas em processos de reciclagem que ocorrem a altas temperaturas (por exemplo, na reciclagem de vidro ou metal), porém a escolha de adesivos para aplicação em produtos plásticos e papéis deve ser cuidadosa para que se atenda às exigências dos recicladores.

O mercado de adesivos para madeira é muito grande (construção civil, móveis) e tem causado problemas ambientais devido aos compostos orgânicos voláteis e demais compostos químicos empregados na formulação destes adesivos. Além disso, a maioria dos adesivos é derivada de fontes petroquímicas, como por exemplo, adesivos de fenol/formaldeído, poliuretano e acetato de polivinil. Haag e colaboradores (2006, 2004) têm realizado estudos com adesivos para madeira e compósitos baseados em madeira que são ambientalmente corretos e biodegradáveis, ou seja, adesivos baseados em recursos renováveis e produzidos pela fermentação microbiológica. Os adesivos produzidos a partir de fontes biológicas têm aplicações limitadas devido a sensibilidade à umidade, instabilidade térmica ou dificuldades de processamento. Estes pesquisadores testaram adesivos derivados de polissacarídeos, livres de compostos orgânicos voláteis e/ou de derivados de petróleo, para uso no mercado de

produtos de madeira. Foi verificado que estes adesivos são fortes sob condições de umidade moderada devido a estrutura do polissacarídeo e demonstraram potencial uso como adesivo para aplicações em madeira.

Czech e Wesolowska (2007) publicaram um estudo abordando o problema de se desenvolver adesivos sensitivos a pressão (PSA) sem solvente orgânico, que na área de construção civil, são aplicados em filmes decorativos e protetores. O desejo de se produzir PSA sem solventes orgânicos existe desde que tem sido feita a sua produção em massa, através dos tipos *hot melt*, dispersão e outras tecnologias livres de solvente. No entanto, estas tecnologias têm tido dificuldades para atender requisitos com relação a resistência a água e ao calor, e por isso, adesivos PSA acrílicos do tipo solvente continuam a ser vastamente utilizados. Os autores testaram três processos de síntese de adesivos PSA acrílicos com ligações cruzadas induzidas por radiação ultravioleta (UV) e verificaram que os adesivos PSA *hot melt* polimerizados por UV merecem destaque por suas características funcionais, tais como, adesividade instantânea e repetitiva.

Por outro lado, Alarcia e colaboradores (2006) estudaram a possibilidade de produção contínua em reator de tanque agitado de adesivos acrílicos de base aquosa, visto que esses adesivos são normalmente produzidos por processos semi-contínuos de polimerização por emulsão. O desempenho dos adesivos de base aquosa depende fortemente da arquitetura do polímero.

Observa-se que estes artigos apontam tendência de desenvolvimento de adesivos facilmente separáveis antes da reciclagem, assim como a formulação de adesivos de base aquosa ou oriundos de fontes biológicas, que são menos agressivos ao meio ambiente. Na tabela a seguir encontram-se os principais usos desses adesivos estruturais explícitos pelos autores dos artigos selecionados.

Autores e ano de publicação dos artigos científicos selecionados	Adesivos apropriados para processos de reciclagem	Adesivos produzidos a partir de fontes biológicas	Adesivos sem solventes orgânicos
ISHIKAWA et al. (2005)	X		
ONUSSEIT (2006)	X		
HAAG et al. (2006, 2004)		X	X
CZECH e WESOLOWSKA (2007)			X
ALARCIA et al. (2006)			X

Tabela 3 - Principais tendências dos adesivos e selantes explícitos pelos autores dos artigos selecionados.

Tendências de Aplicações dos Adesivos e Selantes verificadas em patentes norte-americanas

Metodologia

A busca em documentos de patente relacionados a adesivos e selantes aplicados ao setor de construção foi realizada na base de dados do site do *United States Patent and Trademark Office* (USPTO), no endereço <http://www.uspto.gov>. Foram consideradas somente as patentes norte-americanas concedidas e publicadas a partir de janeiro de 1998 até março de 2009, ou seja, o mesmo período empregado para a análise dos artigos científicos.

A opção de realização da busca de documentos de patente norte-americanos deveu-se aos seguintes fatores de relevância:

- A Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI) divulgou que os Estados Unidos são o país líder em depósitos de pedidos de patente via PCT em 2007 (Nitpar, 2008) e projeções realizadas para os anos de 2008 e 2009, baseadas nas taxas de crescimento obtidas nos últimos 5 anos, calcularam que os Estados Unidos permanecerão como o primeiro centro depositário do mundo (Caraher, 2008).
- O sistema norte-americano é o que realiza o maior número de registros e depósitos de patentes de empresas estrangeiras do mundo (INPI, 2008). Portanto, a maior parte dos depositantes estrangeiros possui interesse em proteger suas invenções em vários territórios, mas sobretudo nos **Estados Unidos**.

- Os Estados Unidos não somente se destacam como o centro depositário que mais recebe pedidos de patente do mundo, mas também se destacam em outros territórios, sendo um dos líderes de depósitos em outros países. Por exemplo, os Estados Unidos lideram com vantagem o número de depósitos de pedidos de patente por não-residentes no Brasil (INPI, 2008).

- Os Estados Unidos, como um único país, possuem posição de destaque no mercado mundial de adesivos. Dados de 2006 revelaram que somente este país foi responsável por 35% do consumo de adesivos no mundo, ficando a Europa em segundo lugar com 34% e a Ásia em terceiro lugar com 26% (Murad, 2007).

A opção por selecionar apenas patentes concedidas deveu-se ao fato de que até fevereiro de 2001 os Estados Unidos não publicavam os depósitos de pedidos de patente, ou seja, documentos ainda não examinados (INPI, 2008). Visto que o período de busca selecionado inicia-se antes do ano de 2001 (a partir de 1998), foi empregado o critério de busca de documentos de patente somente por patentes concedidas.

Desta forma, para o levantamento das tecnologias protegidas por patentes referentes aos adesivos e selantes de interesse, ou seja, aplicados à construção, foi elaborada uma estratégia de busca no site gratuito do USPTO, que combinou no resumo as palavras-chave “adhesive(s)” e “sealant(s)” com expressões encontradas com maior frequência durante a leitura dos artigos científicos selecionados: “construction” e “building”, “construction” e “industry”, “civil” e “engineering”.

Foram encontradas 35 patentes. Destas, 24 continham no resumo a combinação das palavras-chave “adhesive(s)” ou “sealant(s)” com os termos “construction” e “building”, 7 tinham a combinação com os termos “construction” e “industry” e 4 possuíam a combinação com os termos “civil” e “engineering”.

O levantamento das informações acerca das tecnologias patenteadas, conforme apresentado a seguir, foi realizado com base nas informações extraídas das patentes selecionadas, sendo agrupadas em análise de informações (por exemplo, data de publicação, nome do inventor e titular) e em análise características (informações obtidas a partir da leitura das patentes selecionadas, como o escopo da proteção, descrição do produto/processo e aplicação industrial).

Resultados e Discussão

Foram descartadas 3 patentes destas análises, pois uma delas trata de estrutura que não utiliza adesivo ou qualquer outro sistema de união e as demais tratam de adesivos aplicados às indústrias marítima e automobilística. Assim, a amostragem final totaliza 32 patentes a serem analisadas.

Análise de Informações

A Figura 1 apresenta a evolução da publicação das patentes norte-americanas concedidas relacionadas a adesivos e selantes na construção civil durante o período analisado. A distribuição de publicações não foi regular, concentrando maior número de publicações no ano de 2001.

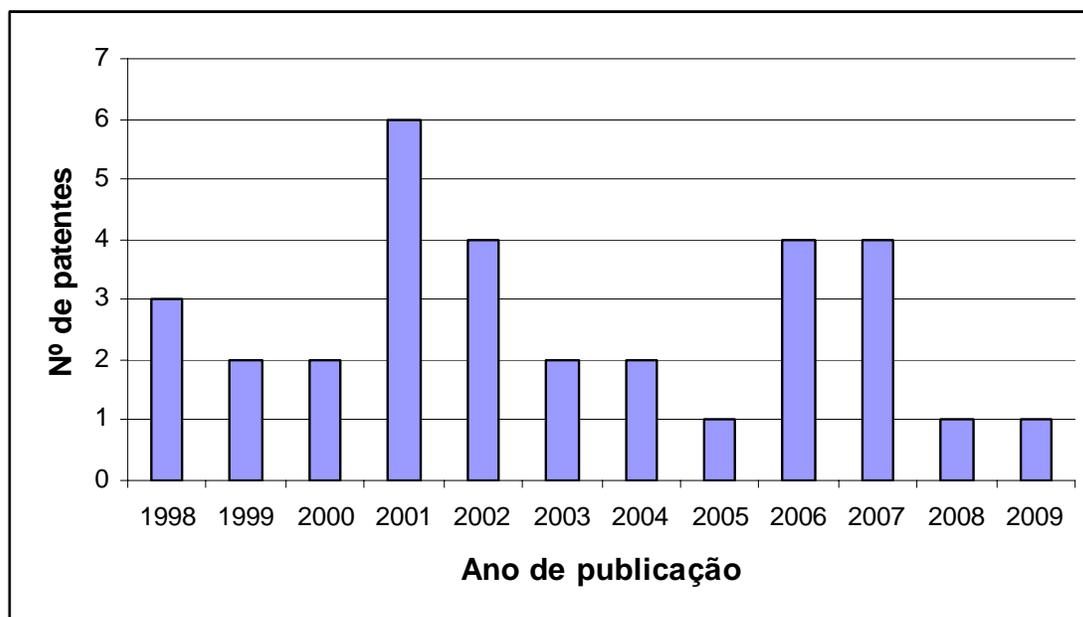


Figura 1. Evolução da publicação das patentes concedidas no período de jan/1998 a mar/2009.

A Figura 2 proporciona um panorama dos países de origem das patentes selecionadas. A análise da distribuição dos países nos quais se originaram as tecnologias patenteadas revelou que estas se encontram bastante concentradas nos países mais desenvolvidos. Os Estados Unidos lideram como o principal depositante das patentes envolvendo adesivos e selantes

empregados na construção civil, respondendo por 67%, seguido pelo Japão (9%), Holanda e Canadá (6% cada), Coreia, Israel, República Tcheca e Anguilla (3% cada).

No que diz respeito aos tipos de depositante, dentre as 32 patentes selecionadas, 18 não possuem o depositante (ou titular) da patente divulgado, o que corresponde a

56% da amostragem. A Figura 3 apresenta a distribuição da natureza jurídica dos depositantes identificados no presente estudo. Conforme pode ser observado, as empresas privadas são responsáveis pela maior parte dos depósitos, perfazendo um total de 86% dos depositantes identificados (13 patentes). Em seguida, 7% dos depositantes referem-se a pessoa física (1 patente), ou seja, o inventor como depositante, 7% dos depositantes (1 patente) referem-se a co-titularidade de duas empresas depositantes (consórcio) e nenhuma universidade, centro de pesquisa ou instituto detém

patentes relacionadas a adesivos e selantes aplicados a construção. Isto parece indicar que as universidades e demais centros de pesquisa estão mais voltadas para a pesquisa básica, não contemplando os adesivos e selantes que estão ligados a aplicações comerciais, já que a maior parte dos artigos científicos selecionados têm autores vinculados a universidades e institutos de pesquisa.

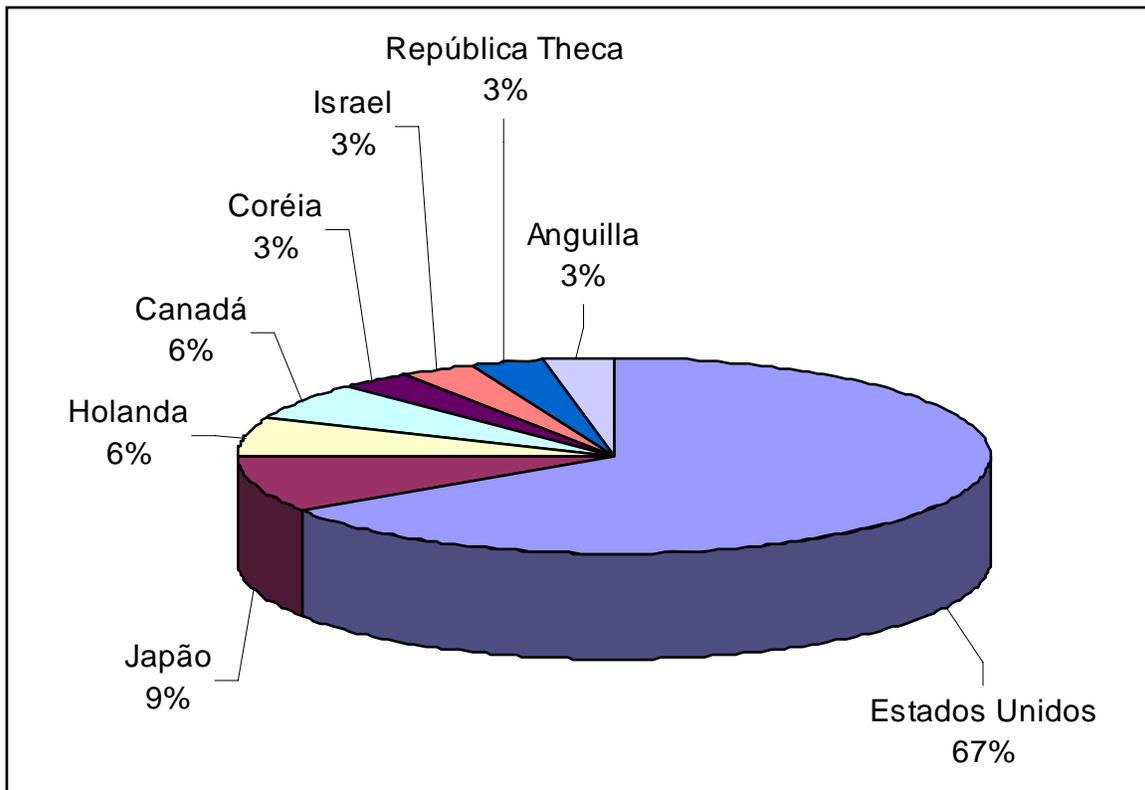


Figura 2. Países de origem das patentes.

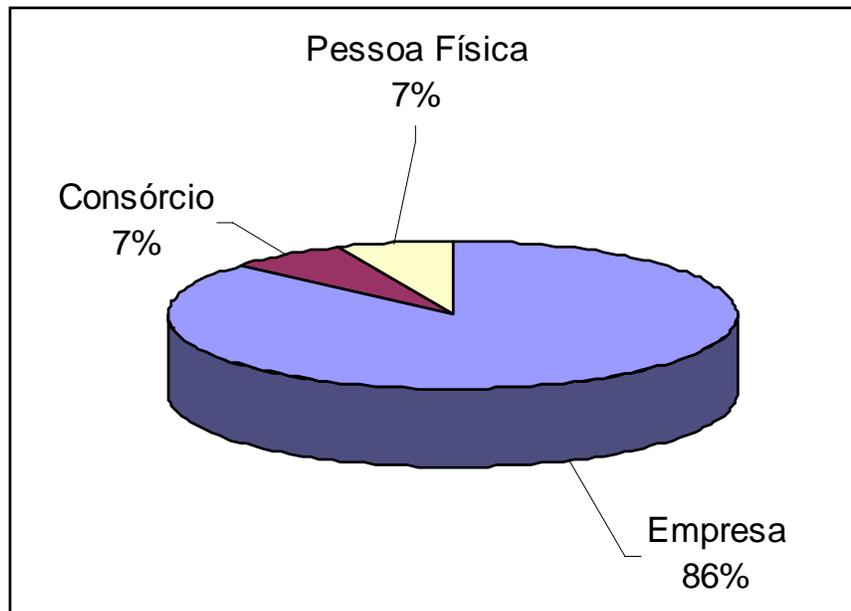


Figura 3. Tipos de depositantes das patentes.

Uma das patentes selecionadas no presente estudo teve depósito efetuado por dois depositantes, apresentando co-titularidade. O compartilhamento indica a existência de cooperação entre instituições. A busca de parcerias torna-se bastante interessante quando os componentes possuem competências complementares e existe o interesse comum no desenvolvimento da tecnologia de forma a aperfeiçoar os recursos existentes.

Foram identificadas 11 empresas detentoras de patentes relacionadas a adesivos e selantes aplicados à construção. As depositantes mais frequentes (2 patentes cada empresa) são: *James Hardie International Finance B.V.*, empresa privada holandesa de produtos para construção de casas; *Mitsui Chemicals Inc.*, empresa japonesa de materiais de alto desempenho, produtos químicos básicos e avançados; e *The Dorothy and Ben Freiberg 1980 Trust*, empresa norte-americana. As demais empresas identificadas (1 patente cada) são: *Owens Corning Intellectual Capital LLC*, empresa de materiais de construção e compósitos; *Dow Global Technologies Inc.*, empresa produtora de polímeros, produtos químicos e agrícolas; *Kaneka Corporation*, empresa japonesa de produtos químicos, plásticos, gêneros alimentícios, ciências da vida, eletrônicos e fibras; *PowerLight Corporation*, empresa de design e instalação de sistema solar residencial, comercial, industrial e governamental; *Nexicor*, empresa dedicada a soluções químicas para

fixação em construção, sendo especializada em colagem e selagem; *General Chemical Performance Products*, empresa de produtos químicos; *Du Pont-Mitsui Polychemicals Co.*, joint venture que produz resinas poliolefinicas, de revestimento e espuma; e *W. R. Grace & Co.-Conn*, empresa norte-americana de produtos químicos e materiais.

Análise das Características

Observou-se que as patentes da amostragem não fazem distinção clara entre adesivos e selantes, pois houve documentos em que a palavra adesivo foi empregada para designar substância com intuito de selar ou vedar. Esta confusão é compreensível, uma vez que adesivos e selantes são geralmente produzidos a partir de materiais similares e também possuem similares aplicações: aderir e selar. Além disso, adesivos e selantes possuem muitas características em comum: comportam-se como líquidos para que possam promover contato íntimo entre os aderentes; unem superfícies através da adesão (forças intermoleculares); devem endurecer o suficiente para suportar cargas durante suas vidas úteis; distribuem carga aos componentes da junta adesiva; preenchem espaços vazios e cavidades; e promovem a durabilidade do produto (Petrie, 2000).

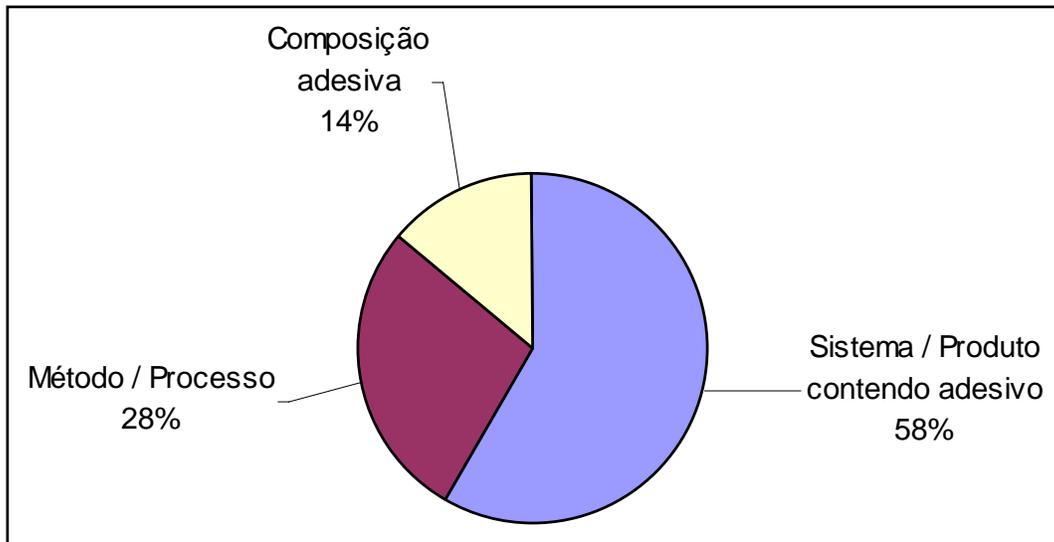


Figura 4. Categorias genéricas de reivindicações das patentes.

A análise do quadro reivindicatório das patentes selecionadas (Figura 4) evidenciou que as matérias pleiteadas poderiam ser agrupadas em três categorias genéricas de reivindicações: reivindicações relativas a sistema ou produto contendo adesivo (categoria de reivindicação dominante, representando 58%), reivindicações relativas a método (28%) e reivindicações relativas a composição adesiva (14%). Este resultado demonstra que as tecnologias recentemente patenteadas

A leitura das patentes proporcionou o conhecimento das diferentes aplicações dos adesivos e selantes no setor de construção civil. Dentre as 32 patentes selecionadas, 25 delas reivindicam algum produto ou artefato que contenha adesivo na sua elaboração, predominando (11 patentes) a aplicação de adesivos em sistema de painéis de paredes/divisórias, lajes ou tetos. Estes painéis são formados por um ou mais materiais já largamente utilizados na construção civil (por exemplo, cimento, gesso, metal) e unidos por um ou mais adesivos (podendo ser epóxi, uretano ou poliéster).

Também foram identificadas outras aplicações de adesivos e/ou selantes, como em estruturas de telhado ou de reforço de parede, piso e teto de habitações, kit de casa pré-fabricada, sistema resistente a terremotos, sistema gerador de energia fotovoltaica que promove isolamento térmico e impermeabilização a água, sistema para vedação de caixas elétricas residenciais/comerciais,

estão voltadas principalmente para produtos finais, ou seja, produtos que contenham um ou mais materiais unidos por pelo menos um adesivo, sendo que o adesivo é parte integrante da estrutura. Conseqüentemente, o baixo número de patentes reivindicando essencialmente uma composição adesiva que possua alguma aplicação no setor de construção revela que formulações adesivas encontram-se em um estágio de desenvolvimento tecnológico amadurecido.

dispositivo de fixação ativável por energia eletromagnética que une fortemente suas peças e pode ser facilmente reversível, e membrana impermeável à água para uso em áreas descontínuas (contorno de janelas e portas).

Enfim, observou-se uma forte ênfase na substituição dos materiais que são montados/unidos durante a construção pelas partes/peças pré-fabricadas. Isto demonstra que a indústria de pré-construção vem se tornado cada vez mais viável e difundida, continuamente fazendo esforços para atender aos critérios de desempenho técnico, segurança, economia e condições favoráveis de trabalho.

As patentes contendo reivindicações relacionadas a método compreendem essencialmente as etapas do processo de montagem dos produtos empregando adesivo(s) ou de preparo das composições adesivas.

Quanto às patentes que pleiteiam composições adesivas, foram encontradas apenas 6, que são mencionadas abaixo:

- composição curável para ser utilizada como selante elastomérico compreendendo 2 componentes: polímero vinílico ligado a um grupo silano e carbonato de cálcio (este visa à redução de custo da composição);
- resina reciclável termoplástica (compreendendo, por exemplo, polietileno, polipropileno, poliestireno, silicone, policarbonato ou poliamina) com excelente adesividade, durabilidade térmica, absorvidade acústica e isolamento térmico;
- adesivo *hot melt* compreendendo copolímero em bloco PO-g-B e uma resina, em que PO é uma poliolefina, g pode ser um éster, éter, amida, imida, uretano ou uréia e B é um hidrocarboneto insaturado ou contendo um heteroátomo;
- resina biodegradável baseada em ácido lático e copolímero de ácido carboxílico insaturado empregada como selante em uma vasta gama de materiais e podendo ser usada na forma de filme;
- composição adesiva antimicrobiana a base de água livre de materiais prejudiciais ao meio ambiente, que compreende uma emulsão ou dispersão polimérica (copolímeros acrílicos de estireno, vinil, butadieno ou etileno, acetato de polivinila, copolímeros clorados ou poliuretano de base aquosa) e um agente antimicrobiano, possuindo aplicação em dutos de fibra de vidro, metais, plásticos e demais materiais de construção;
- solução de remoção de revestimentos e selantes (resinas de polissulfeto) de áreas difíceis de alcançar compreendendo n,n-dimetil acetamida, glicol-éter e surfactante, que evita os danos causados ao substrato pela remoção da resina por abrasão mecânica ou raspagem.

A análise das composições pleiteadas permitiu algumas observações. Verificou-se que a maioria das formulações possui composição muito ampla, abrangendo inúmeras possibilidades de compostos e suas misturas. Em algumas composições ficou evidente a preocupação de

se evitar danos ao meio ambiente. A última patente mencionada, embora não trate especificamente de uma composição adesiva, se torna pertinente, pois consiste em uma composição solúvel capaz de remover um selante empregado na construção.

Conclusões

A partir do estudo realizado em artigos científicos e patentes publicados no período de janeiro de 1998 a março de 2009 relacionados a adesivos e selantes aplicados no setor de construção civil podem-se obter algumas conclusões tais como:

Os artigos científicos selecionados focam estudos com adesivos estruturais e selantes elastoméricos, que são relevantes na construção civil.

Também foi constatada a tendência de desenvolvimento de formulações menos agressivas ao meio ambiente.

Verificou-se que tanto os artigos como as patentes convergiram no tipo de adesivo (estrutural). As patentes, por sua vez, exibem as aplicações específicas dos adesivos estruturais através dos produtos reivindicados (como painéis de paredes/divisórias, lajes ou tetos e estruturas de reforço).

Referências

- ALARCIA, F., De La Cal, J.C., Asua, J.M. (2006). Continuous production of specialty waterborne adhesives: Tuning the adhesive performance. *Chemical Engineering Journal*, 122, 117-126.
- BLANDINI, L. (2007). Structural use of adhesives for the construction of frameless glass shells. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 27,499-504.
- BUYL, F. (2001). Silicone sealants and structural adhesives. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 21, 411-422.
- CARAHHER, V. (2008). The Evolution of the Patent Information World over the next 10 Years: A Thomson Scientific perspective. *World Patent Information*, 30, 150-152.

- CHEW, M. Y. L. (2001a). Curing characteristics and elastic recovery of sealants. *Building and Environment*, 36, 925-929.
- CHEW, M. Y. L. (2000a). Product Performance - Joint sealant for wall cladding. *Polymer Testing*, 19, 643-651.
- CHEW, M. Y. L. (2000b). Test Method – On-site non-destructive test for sealants. *Polymer Testing*, 19, 653-665.
- CHEW, M. Y. L., Zhou, X, Tay, Y. M. (2001b). Material Behaviour – Application of ATR in characterizing aging conditions of polyurethane sealants. *Polymer Testing*, 20, 87-92.
- CHEW, M. Y. L., Zhou, X, Tay, Y. M. (2004). On-site weathering of sealants under tropical conditions. *Construction and Building Materials*, 18, 287-293.
- COGNARD, P. (2003). *Building & Construction Adhesives – Part I. General Information and Rules. Adhesives & Sealants*, 2003. Disponível em: www.specialchem4adhesives.com. (Acesso em: jan.2009.)
- CZECH, Z., Wesolowska, M. (2007). Development of solvent-free acrylic pressure-sensitive adhesives. *European Polymer Journal*, 43, 3604-3612.
- FRIGONE, M., Aiello, M. A., Naddeo, C. (2006). Water effects on the bond strength of concrete/concrete adhesive joints. *Construction and Building Materials*, 20, 957-970.
- HAAG, A. P., Geesey, G. G., Mittleman, M. W. (2006). Bacterially derived wood adhesives. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 26, 177-183.
- HAAG, A. P., Maier, R. M.; Combie, J.; Geesey, G. G. (2004). Bacterially derived biopolymers as wood adhesives. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 24, 495-502.
- HOVAN, G. R. (2001). Adhesives simply composites assembly. *Reinforcedplastics*, feb.2001.
- HUTCHINSON, A.R., Iglauer, S. (2006). Adhesion of construction sealants to polymer foam backer rod used in building construction. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 26, 555-566.
- INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial. (2008). *O que é patente?* Disponível em: http://www.inpi.gov.br/menuesquerdo/patente/pasta_oquee. (Acesso em: Mai 2008.)
- ISHIKAWA, H., Seto, K., Shimotuma, S., Kishi, N., Sato, C. (2005). Bond strength and disbonding behavior of elastomer and emulsion-type dismantlable adhesives used for building materials. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 25, 193-199.
- MURAD, D. S. (2007). *Global Adhesives and Sealants State of the Union*. The ChemQuest Group, april, 2007. Disponível em: [http://www.chemquest.com/PDF-files/Global Adhesives and Sealants State of the Union.pdf](http://www.chemquest.com/PDF-files/Global%20Adhesives%20and%20Sealants%20State%20of%20the%20Union.pdf). (Acesso em: jun. 2008.)
- NASCIMENTO, H. J. A. (2007). *Reconhecimento de receita e despesa em empresas de construção civil no Brasil: um estudo da aderência às normas contábeis*. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis), Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Pontifícia Universidade Católica (PUC), São Paulo.
- NITPAR – Núcleo de Inovação Tecnológica do Paraná. (2008). *Brasil teve um aumento de 15% no número de depósitos de patentes, segundo dados divulgados pela OMPI*. Disponível em: <http://nitpar.pr.gov.br/es/blog/nit/2008/03/03/brasil-teve-um-aumento-de-15-no-numero-de-depositos-de-patentes-segundo-dados-divulgados-pela-ompi/>. Acesso em: jul. 2008.
- ONUSSEIT, H. (2006). The influence of adhesives on recycling. *Resources, Conservation and Recycling*, 46, 168-181.
- PASTERNAK, H., Schwarlos, A., SCHIMMACK, N. (2004). The application of adhesives to connect steel members. *Journal of Constructional Steel Research*, 60, 649-658.
- PENDHARI, S.S., Kant, T., Yogesh, M.D. (2008). Application of polymer composites in civil construction: A general review. *Composite Structures*, 84, 114-124.

PETRIE, E. M. (2000). *Handbook of Adhesives and Sealants: an introduction to adhesive and sealants*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc., pp.1-48.

PYE, A., Ledbetter, S. (1998). The selection of an adhesive for the construction of a glass-adhesive T-beam. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 18, 159-165.

USP (2003). *O Futuro da Construção Civil no Brasil*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

UYSAL, B. (2005). Bonding strength and dimensional stability of laminated veneer lumbers manufactured by using different adhesives after the steam test. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 25, 395-403.