



15º Simpósio Brasileiro  
de Impermeabilização 2018



Instituto de  
Impermeabilização

## ANAIS DO 15º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO

4 e 5 de junho de 2018 - São Paulo / SP

### CONCEITOS FUNDAMENTAIS DE REVESTIMENTOS ACRÍLICOS PARA LAJES COM PROPRIEDADES DE CONFORTO TÉRMICO

#### **FREITAS, Moisés**

R&D Application Scientist  
Dow Química do Brasil  
Mestre em Habitação  
IPT – Instituto de Pesquisa Tecnológico  
São Paulo/SP  
[mfreitas@dow.com](mailto:mfreitas@dow.com)

#### **DUARTE, Virgínia**

Técnica de laboratório  
Dow Química do Brasil  
São Paulo/SP  
[vtduarte@dow.com](mailto:vtduarte@dow.com)

#### **SCOLARI, Luisa**

Especialista de marketing  
Dow Química do Brasil  
São Paulo/SP  
[lmcolaru@dow.com](mailto:lmcolaru@dow.com)

#### **RESUMO**

Atualmente existe três tipos de revestimentos impermeabilizantes acrílicos que estão disponíveis no mercado brasileiro que são as membranas acrílicas para impermeabilização, as mantas líquidas e os revestimentos elastoméricos 100 % acrílicos – conhecidos como Telhado Branco. Todas elas são moldadas em loco, apesar de uma delas ter o nome de manta, que correspondem na verdade a pré-fabricada. A principal diferença entre elas é a resistência aos raios UV ao longo do tempo. Foram apresentados nesse trabalho a degradação do desempenho dos três tipos de revestimentos acrílicos após exposição ao envelhecimento acelerado por UV<sub>B</sub> e condensação. Este trabalho também apresentou 3 casos de sucesso de aplicação de revestimento 100% acrílico na redução de consumo de energia, e na sensação de conforto térmico. Esses casos de sucesso foram avaliados conforme as regulamentações do Departamento de Energia (DOE) dos Estados Unidos, que liderou a pesquisa em economia de energia por meio de seus laboratórios nacionais, como Lawrence Berkeley National Lab (LBNL) e Oak Ridge National Lab (ORNL). Na qual os revestimentos acrílicos receberam o logotipo da Energy Star pois apresentarem vantagens em eficiência energética em relação a outros produtos.

**Palavras-chave:** Telhados brancos; revestimento acrílicos; impermeabilizantes

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, no mercado brasileiro, existem três tipos de revestimentos impermeabilizantes acrílicos. Todos podem ser aplicados sobre lajes e telhados para promover maior proteção à penetração de água para a superfície.

Os revestimentos impermeabilizantes acrílicos que estão disponíveis no mercado brasileiro são caracterizados da seguinte maneira: Revestimentos acrílicos estirenados convencionais com plastificação (BACH e RANGEL, 2005), conhecidos como membrana acrílica para impermeabilização; Revestimentos acrílicos estirenados elastoméricos – conhecidos como manta líquida; Revestimentos elastoméricos 100 % acrílicos – conhecidos como Telhado Branco ou, na denominação inglesa, ERC Cool Roof.

Todos esses revestimentos acrílicos impermeabilizantes são aplicados sobre áreas externas, onde sofrem elevada exposição aos raios ultravioleta e intempéries. É notório e conhecido que as radiações ultravioleta degradam os filmes poliméricos, tanto em tintas, quanto em revestimentos impermeabilizantes, alterando o desempenho de suas propriedades mecânicas (UEMOTO e AGOPYAN, 1997; NGUYEN, et al., 2016).

Existem alguns tipos de revestimentos acrílicos impermeabilizantes que são usados tanto em aplicações residenciais, quanto industriais, devido à sua durabilidade e por exercer a função de "superfícies frias" ou telhados frios. Os revestimentos deste tipo, telhado frio, não apenas aumentam o conforto térmico do ambiente, como também contribuem para redução de ilhas de calor nas cidades (KIRN, 1994). Um revestimento é considerado superfície fria ou telhado frio quando possui elevada refletância à radiação solar e alta emissividade (SILVA, 2017, BRETZ e AKBARI, 1997). Conseqüentemente, ele mantém o ambiente com conforto térmico nos dias de calor (HOSSEINI; AKBARI, 2015).

O propósito desse trabalho é apresentar dados e conceitos que indiquem que os de revestimentos 100% acrílicos base água realmente apresentam propriedades de conforto térmico e durabilidade suficientes para serem caracterizados como superfícies frias.

## 2. ASFALTO

Os principais produtos de cobertura betuminosa incluem telhas de betume, sistemas de cobertura compostos e mantas asfálticas modificadas usando estireno-butadieno-estireno (SBS) ou polipropileno atático (APP). Esses produtos correspondem a mais 60% do mercado de impermeabilizantes para coberturas em geral. É muito comum proteger o impermeabilizante asfáltico com revestimento acrílicos impermeabilizantes em alguns lugares do mundo. Para uma compreensão mais profunda do efeito de revestimentos acrílicos elastoméricos sobre coberturas baseados em betume, devemos entender a composição e o mecanismo de degradação de betume.

O betume é um subproduto da destilação de óleo combustível que é econômico, impermeável e facilmente transformado em muitas formas diferentes, usado em aplicações de cobertura.

O betume pode ser fornecido diluído em solvente, ou como uma emulsão dispersa em água, na forma de betume derretido com reforço (ou seja, sistemas de cobertura composto), como telhas granuladas (populares nos EUA) e combinado com APP ou SBS para fazer coberturas por rolo de membrana asfáltica modificada (popular na Europa e no Brasil).

Demanda global por betume para coberturas em 2010 foi de cerca de 3,6 bilhões de metros quadrados, uma quota de 35% do segmento global de cobertura. Na Europa, a quantidade estimada de betume utilizada para aplicações de cobertura em 2010 abrangeu cerca de 400 milhões de metros quadrados, o que representa aproximadamente 31% do mercado total de cobertura.

O betume pode ser descrito como um material termoplástico com propriedades termomecânicas relativamente pobres, pois é quebradiço a baixas temperaturas (<10°C) e mole a altas temperaturas (> 60°C). As propriedades termomecânicas do betume são essencialmente dependentes da sua composição. Em geral, o betume é considerado uma mistura de literalmente centenas de espécies de hidrocarbonetos, com quantidades menores de grupos funcionais, tais como oxigênio, nitrogênio, enxofre, vanádio e níquel. Os hidrocarbonetos são subdivididos em dois grandes grupos, a saber, asfaltenos e maltenos.

Os asfaltenos são hidrocarbonetos aromáticos altamente polares que têm, muitas vezes, o maior peso molecular e rigidez, enquanto os maltenos consistem em ácidos graxos saturados de baixo peso molecular, compostos aromáticos e resinas responsáveis por muitas das características de flexibilidade do betume.

De uma perspectiva viscoelástica, o betume constitui também um material altamente complexo, variando de um carácter viscoso a um carácter elástico, de acordo com o tempo de carga e temperatura. A baixas temperaturas ou altas frequências de carga, o betume convencional se comporta como um sólido vítreo, elástico, enquanto que, a altas temperaturas ou baixas frequências de carga, ele se comporta como um fluido viscoso. O betume apresenta uma dependência de tempo-temperatura envolvendo as tensões aplicadas e estirpes resultantes, exibindo uma resposta com ambos componentes elástico e viscoso.

Do ponto de vista de durabilidade, o betume está sujeito a altas condições térmicas, devido ao aumento da absorção de luz, visto que é de cor escura. Em algumas regiões, os telhados consistem em betume preto que podem exceder temperaturas de 80°C durante o meio-dia de verão. É bem conhecido que as temperaturas elevadas podem causar um aumento da taxa de degradação química, tais como oxidação, reticulação e cisão em cadeia de espécies de peso molecular mais alto. Um componente de intemperismo adicional é a volatilização lenta de frações de baixo peso molecular do betume. Estas frações estão presentes em betume fresco e atuam como plastificantes para aumentar a flexibilidade do material de cobertura ao longo do tempo, mas perdem-se quando se é exposto ao calor e luz solar. A perda dessas frações reduz a massa e o volume de betume depois do intemperismo o que causa rachaduras.

O betume também está sujeito à degradação devido à alta exposição a raios UV, devido à absorção de luz solar natural por frações aromáticas de betume. Esta alta energia faz com que as moléculas vibrem e, finalmente, quebrem as ligações químicas.

Isto é observado como "escamação" de betume. Modificação de betume usando polímeros polipropileno atático (APP) ou de estireno-butadieno-estireno (SBS) aumentaram o ponto de amolecimento e a durabilidade das mantas asfálticas modificadas, mas mesmo assim a degradação ainda ocorre.

Um método simples para medir a degradação do betume é separar o betume em frações que são solúveis em solventes de hidrocarboneto alifático e aquelas que são solúveis em solventes aromáticos. Este método é a base para a técnica de fracionamento Corbett e é referenciado na American Society of Testing Materials ASTM D-4124 e na Patente dos EUA 3.432.321.

Usando este método de fracionamento, os componentes do betume que são solúveis em hidrocarbonetos alifáticos (isto é, maltenos) podem ser separados daqueles que são solúveis em solventes aromáticos (isto é, betuminosos). Realizar uma análise do balanço de massa de diferentes frações pode determinar a quantidade de betume retida após a exposição natural ao intemperismo.

### **3. MEMBRANAS ACRÍLICAS OU REVESTIMENTOS ACRÍLICOS ELASTOMÉRICOS**

Revestimentos impermeabilizantes acrílicos são membranas cujo principal objetivo é proteger o substrato contra a ação da água, conferindo estanqueidade para as estruturas (ARANTES, 2007). Revestimentos impermeabilizantes acrílicos também são conhecidos como manta líquida, impermeabilizante flexível ou membrana acrílica. De acordo com o mercado, esses revestimentos são de base acrílica com aplicação a frio sem emendas, prontas para uso e moldada no local (OLIVEIRA, 2015). Estes revestimentos são indicados para impermeabilização exposta de lajes de cobertura, lajes abobadadas, marquises, telhados, pré-fabricados (MORAES, 2002). Os revestimentos impermeabilizantes acrílicos acomodam movimentações da estrutura presentes no substrato, mantém as propriedades em baixas temperaturas, são barreiras aos agentes contaminantes provenientes da atmosfera, possuem uma baixa retenção de fuligem e são resistentes a raios ultravioletas e a intempéries (OLIVEIRA, 2015).

Sheppard Junior (2001) descreve na seção 8 do seu livro *Corrosion and Chemical Resistant Masonry Materials Handbook*, que existem dois tipos de membranas, uma que ele define como verdadeira, pois é uma barreira total a penetração de líquidos. E a outra ele define como semi-membrana pois é uma barreira parcial, pois haverá penetração de líquidos, muito lentamente, com o passar do tempo.

De acordo com o trabalho de Sheppard Junior (2001), os revestimentos acrílicos são semi-membranas, pois possuem ações efetivas de resistência a penetração de água, mas não com demais agentes químicos agressivos. De acordo com trabalho do Figueiredo (2012), os revestimentos impermeabilizantes acrílicos podem ser classificados como impermeabilizantes sem proteção e são indicados para coberturas de acessibilidade limitada, pois apenas admitem a circulação pontual de pessoas para execução de tarefas de manutenção na cobertura.

### **4. SUPERFÍCIES FRIAS**

Uma nova geração de revestimentos acrílicos impermeabilizantes chegou ao mercado de construção no Brasil, no início da década de 2000. Essa nova geração atende aos requisitos de impermeabilidade da geração anterior, mas também apresenta novos atributos. Os dois principais atributos são o conforto térmico e a alta durabilidade (FREITAS; CRUZ; HERNANDEZ, 2015).

Esses produtos se adequam ao conceito de superfícies frias ("Cool Roof"), pois são revestimentos com alta refletância solar.

Akbari e Konopacki (1998) desenvolveram o conceito de superfícies frias através de estudos no qual as membranas de cores claras e principalmente as brancas podem reduzir de 10% a 50% o consumo de energia elétrica e resultar em economia de US\$ 10 a US\$ 100 por ano por 100 m<sup>2</sup> de superfície do telhado. Em outro estudo, Akbari et al. (2005 a) comprova que há uma perda de refletância devido ao envelhecimento natural e as condições climáticas.

No Brasil, como já descrito na Introdução desta dissertação, foi desenvolvido um consórcio para estudar e avaliar as superfícies frias para nossas condições climáticas (<https://www.superficiesfrias.org.br/>). Alguns estudos já foram realizados de envelhecimento natural, neste campo de superfícies frias em nossas condições climáticas, em que ficou claro que pinturas do tipo de superfícies frias têm maior resistência ao UV<sub>B</sub> do que as pinturas convencionais (SILVA, 2017; IKEMATSU, 2007).

## 5. MECANISMO DE PROTEÇÃO DO REVESTIMENTO

Os dados experimentais obtidos das exposições de telhados de sistemas de cobertura compostos de asfalto e acrílico mostram claramente a retenção das frações de betume valiosas e as propriedades de extensão de vida útil de um revestimento de telhado elastomérico acrílico. Teoriza-se que o revestimento acrílico aumenta a longevidade por dois mecanismos distintos. Em primeiro lugar, enquanto o betume é submetido à degradação pelo componente de radiação UV da luz solar, os materiais poliméricos acrílicos são transparentes à radiação UV. Como tal, eles não absorvem essa radiação intensa e não estão sujeitos à degradação polimérica observada em químicas menos duráveis como uretanos aromáticos e butilos. Todavia, o material acrílico deve ser formulado com pigmentos de bloqueio de UV para proteger o substrato (neste caso, o betume e manta de base) contra a degradação. Estes pigmentos geralmente são dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>) e de óxido de zinco (ZnO), como foi o caso neste estudo.

Um segundo mecanismo proposto é que o revestimento acrílico fornece uma barreira resistente à água sobre a membrana existente do sistema de cobertura composto por betume. Embora seja bem conhecido que revestimentos acrílicos sejam "respirador" se tiverem uma classificação de permeação dos EUA maior que 1 grão/h pé<sup>2</sup> pol-Hg (permeação métrica de 0,84 g/24 h m<sup>2</sup> mm Hg), quando utilizado isoladamente, eles não são considerados retardadores de vapor, mas são capazes de resistir a uma penetração de água em massa. O revestimento 100% acrílico para coberturas impede o contato da água com a manta asfáltica, impedindo, assim, que as frações de betume de baixo peso molecular lixiviam-se da manta. Além disso, o revestimento impede o contato íntimo da água com a manta e, mais importante ainda, com a tela de reforço, tecido grosso ou feltro, eliminando, assim, a formação de gelo e alterações dimensionais na membrana induzidas pelo congelamento/descongelamento. No passado, a infusão de água no feltro orgânico poderia causar a degradação do material via ataque microbiológico. Este problema específico seria eliminado usando o vidro como tela para a impermeabilização do betume.

A introdução descreveu que o mecanismo geralmente aceito para a degradação do betume, citando a contribuição do calor. Quando o revestimento acrílico é pigmentado com pigmentos brancos, a cor do revestimento seco reduzirá a temperatura do conjunto de telhado em 8 – 28°C, e reduzirá a taxa de degradação do betume. Isto prolongará ainda mais a vida útil do telhado revestido.



Visto que o revestimento acrílico é aplicada a 0,5 – 0,8 mm, ele age mais como uma membrana funcional totalmente aderida do que apenas um revestimento do tipo pintura. As propriedades mecânicas são cerca de 250% de alongamento e 250 PSI (1,72 N/mm<sup>2</sup>) de resistência à tração à temperatura ambiente e 100% de alongamento e 600 PSI (4,14 N/mm<sup>2</sup>) a -17°C.

Estudos realizados pela Dow Chemicals Company demonstraram que mais de 75% das propriedades iniciais de alongamento foram mantidas mesmo depois de 5 anos de exposição externa. Como tal, o revestimento fornece efetivamente um componente compatível com asfalto, o que aumenta a durabilidade da manta asfáltica, similar à tela ou esteira de reforço.

Sendo assim, os revestimentos acrílicos de telhado e refletivos pode aumentar a vida útil dos produtos de impermeabilização betuminosos pretos, reduzindo a temperatura da superfície, mantendo a flexibilidade e diminuindo a exposição à degradação por UV. Existem vários produtos químicos e composições de materiais disponíveis para revestimentos de teto reflexivo branco, porém, os revestimentos acrílico elastomérico de teto aplicados na forma líquida já estão disponíveis há décadas e oferecem uma variedade de recursos sustentáveis, muitos documentados por fabricantes de revestimentos de telhados e pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos.

## **6. INFLUÊNCIA DE ESTIRENO EM REVESTIMENTOS ELASTOMÉRICOS ACRÍLICOS**

Porém, não são todos os revestimentos acrílicos que podem apresentar alta resistência ao UV durante muito tempo de exposição. O que diferencia esses revestimentos é a quantidade de estireno que esses revestimentos possuem. O revestimento acrílico de maior durabilidade são formulados com emulsões elastomérica 100% acrílicas, ou seja, totalmente isenta de estireno.

O monômero de estireno é altamente reativo e consideravelmente mais barato do que os monômeros acrílicos. Ele contribui para aumentar a dureza dos revestimentos e tintas, além de influenciar na resistência à água (PILZ, 2004). Mas ele impacta significativamente no desempenho de resistência mecânica dos revestimentos após exposição ao UV. Segue abaixo, uma avaliação de resistência mecânica de três membranas acrílicas impermeabilizantes após envelhecimento acelerado. A diferença entre elas está na quantidade de estireno nas três formulações. A primeira é isenta de estireno, identificada como 0% e que é conhecida como 100% acrílica, a segunda têm 27% de estireno e a terceira tem 51% de estireno.

A avaliação foi realizada conforme a norma ABNT NBR 13321 – Membranas acrílicas para impermeabilização. Conforme esta norma, os ensaios de envelhecimento acelerado forma com ciclos de 4 horas UVB (70C) e 4 horas Condensação (60C) por um total de 300 horas. Os resultados do ensaio de resistência mecânica à tração máxima estão apresentados abaixo e em gráficos, separados pelo teor de estireno das respectivas emulsões.

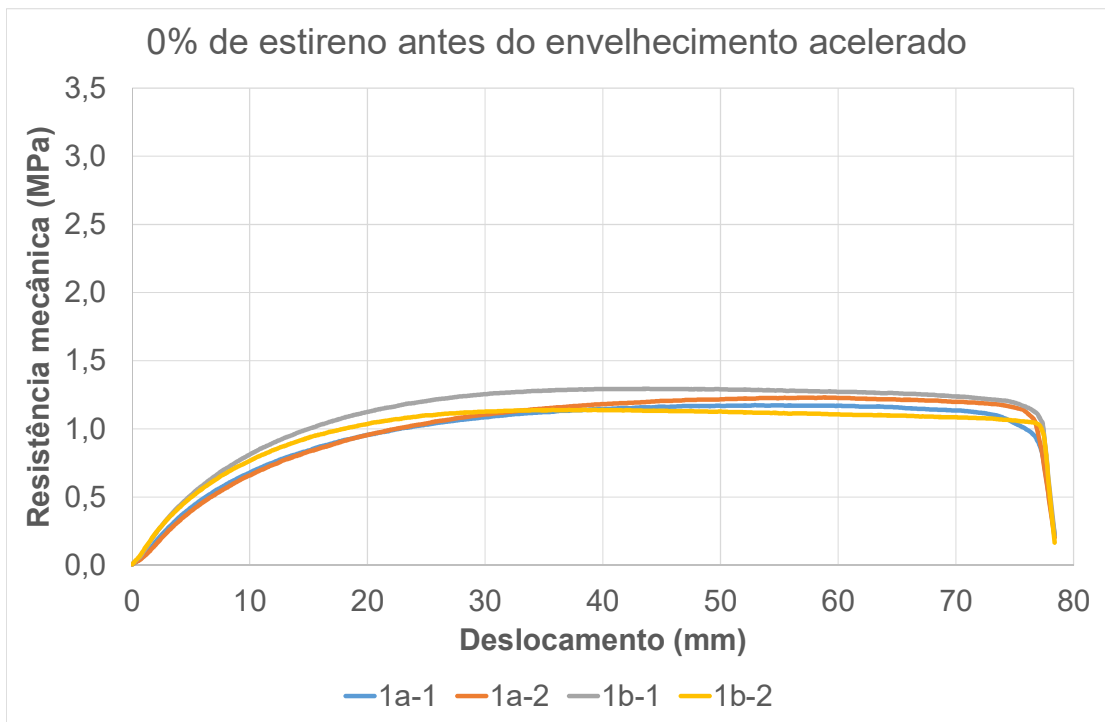


Figura 1 - Resultados de resistência mecânica dos revestimentos com 0% de estireno antes do envelhecimento acelerado.

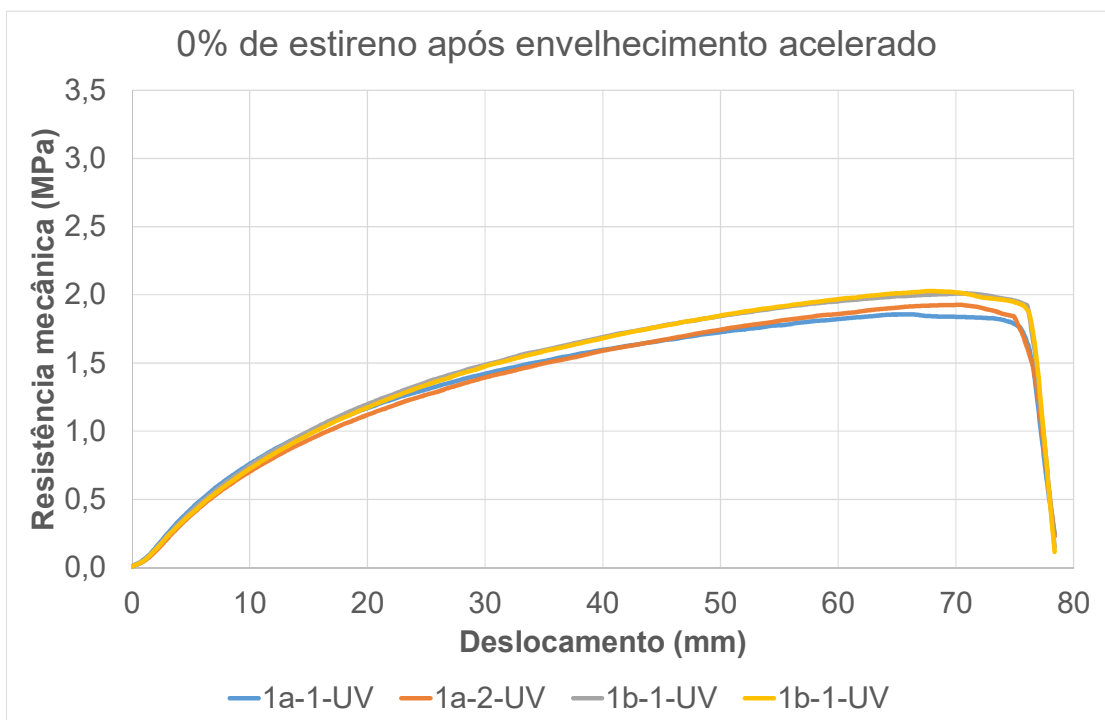


Figura 2 - Resultados de resistência mecânica dos revestimentos com 0% de estireno após envelhecimento acelerado.

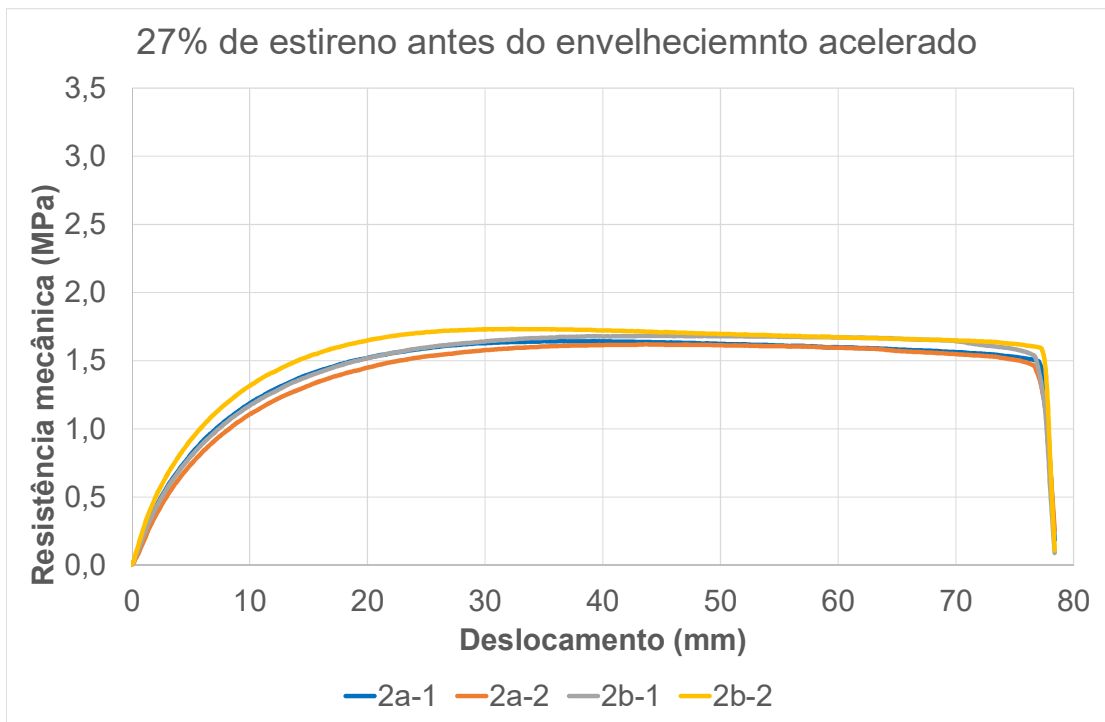


Figura 3 - Resultados de resistência mecânica dos revestimentos com 27% de estireno antes do envelhecimento acelerado.

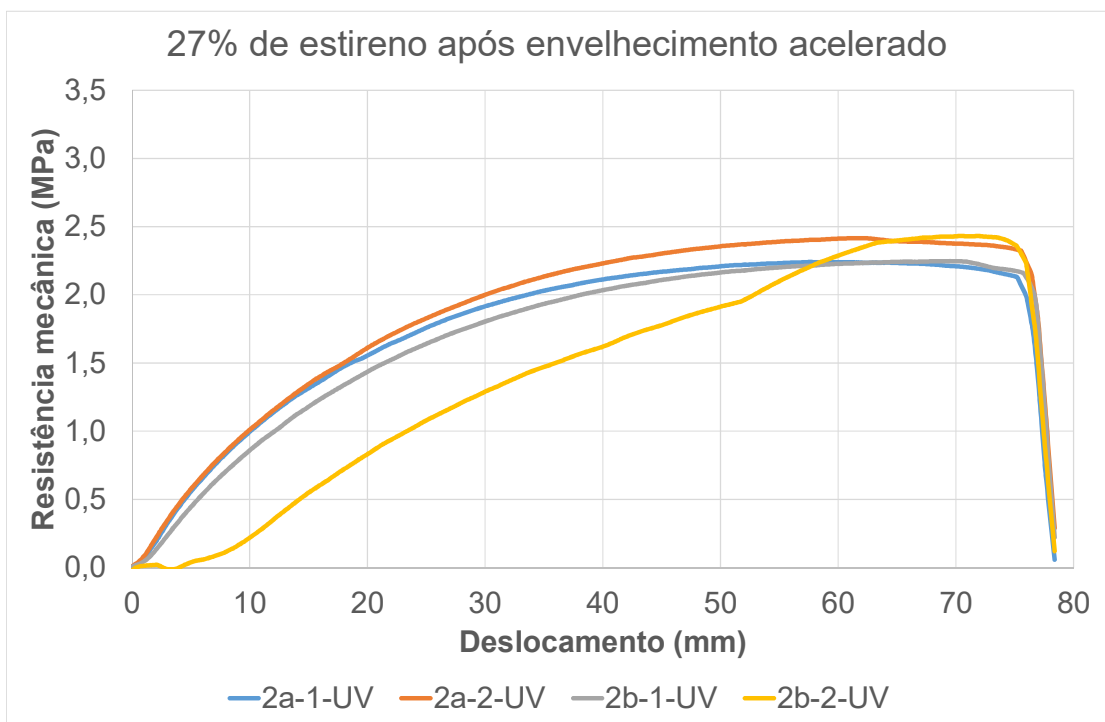


Figura 4 - Resultados de resistência mecânica dos revestimentos com 27% de estireno após envelhecimento acelerado.



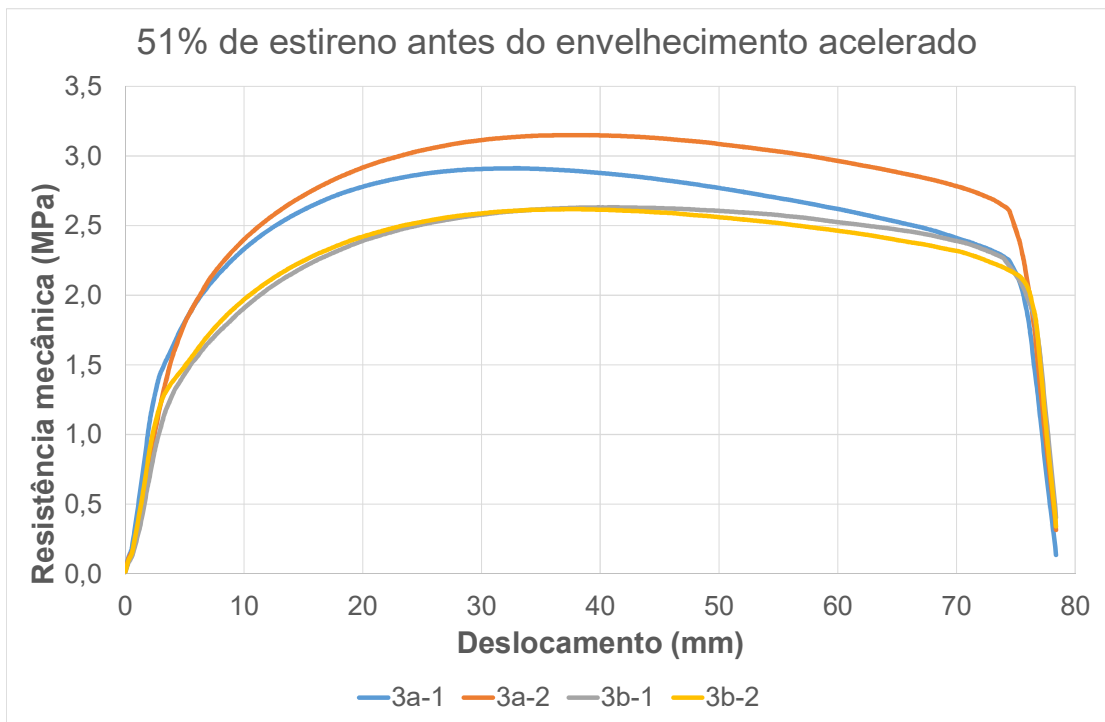


Figura 5 - Resultados de resistência mecânica dos revestimentos com 51% de estireno. antes do envelhecimento acelerado.

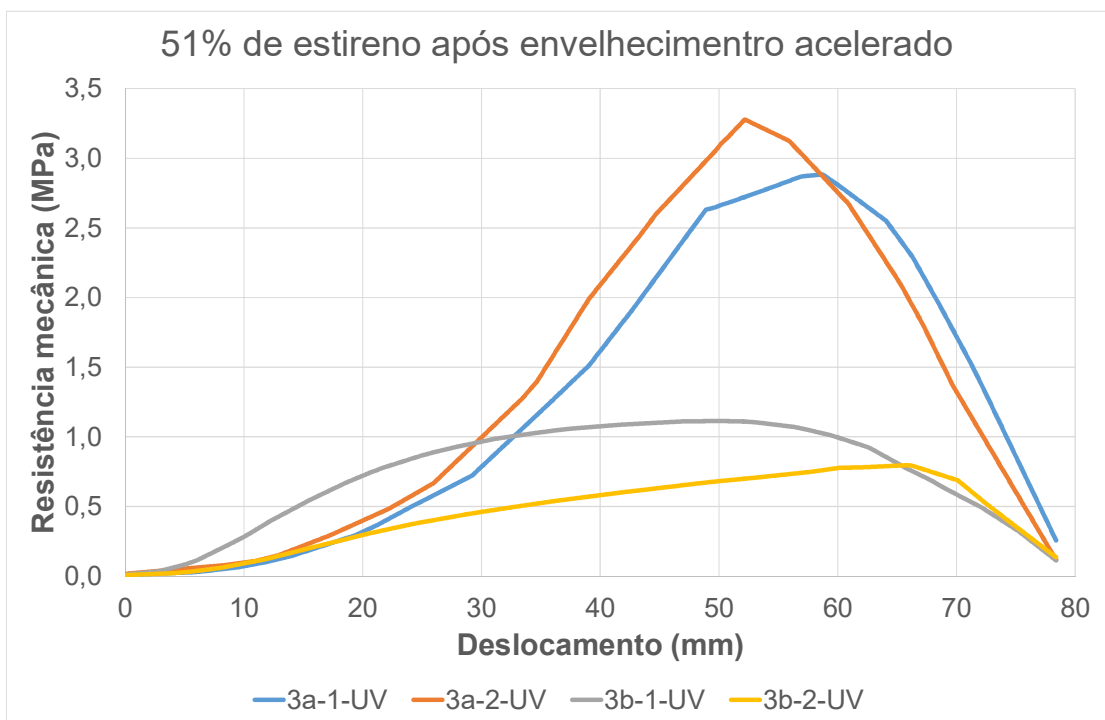


Figura 6 - Resultados de resistência mecânica dos revestimentos com 51% de estireno após o envelhecimento acelerado.

Todos os revestimentos sofreram influência do envelhecimento acelerado. Para os revestimentos com 0% e 27% de estireno, houve aumento de resistência mecânica à tração máxima. O revestimento com 51% de estireno após envelhecimento acelerado, apresentou queda de resistência mecânica à tração máxima. Esta queda de resistência mecânica à tração máxima na formulação com maior quantidade de estireno coincide com os resultados de Borrelly et al. (2002). Esse pesquisador discute a degradação de estireno exposto ao envelhecimento natural e artificial sugerindo que as propriedades mecânicas são afetadas negativamente pelo intemperismo e pela radiação UV<sub>B</sub>, diminuindo a sua vida útil.

Uma hipótese adicional para a mudança de comportamento do revestimento formulado com 51% de estireno pode estar relacionada com a alta temperatura de exposição no teste de envelhecimento acelerado (70°C ao UV<sub>B</sub> e 60°C a condensação). Canevarolo Junior (2006) discute que as propriedades mecânicas dos polímeros visco elásticos são influenciadas pela temperatura, tempo e ambiente de exposição ao meio estudado. Todos os revestimentos foram expostos ao UV<sub>B</sub> na temperatura de 70°C, é possível sugerir que a temperatura do ensaio influenciou na queda da tensão.

## **7. PREVISÕES E CÁLCULOS DE ECONOMIA DE ENERGIA**

O Departamento de Energia (DOE) dos Estados Unidos liderou a pesquisa em economia de energia por meio de seus laboratórios nacionais, como Lawrence Berkeley National Lab (LBNL) e Oak Ridge National Lab (ORNL). Há vários pontos focais para pesquisa de energia no DOE, alguns através do aumento da economia de energia por meio de uma maior eficiência de aparelhos (por exemplo, aparelhos de ar condicionado, aquecedores de água, etc.) e dispositivos eletrônicos (computadores, televisores, interruptores de luz, carregadores de energia), assim como a componentes de enquadramento (janelas, isolamento, produtos de coberturas). Estes produtos estão incluídos no programa Energy Star, que foi concebido para permitir que os fabricantes promovam o logotipo da Energy Star se os produtos apresentarem vantagens em eficiência energética em relação a outros produtos. As estatísticas têm demonstrado que os produtos Energy Star impõem preços mais altos para os fabricantes, bem como oferecem uma economia de energia.

O LBNL e o ORNL projetaram muitos procedimentos de testes científicos e métodos de análise estatística para medir a melhoria no consumo de energia de vários produtos. No Brasil, algumas empresas mais a Poli/USP, o GBC e o CBCS criaram o consórcio brasileiro de superfície frias CBSF, que está fazendo estudos para normalização de superfícies frias no Brasil.

O DOE também desenvolveu um programa de cálculo de website para prever o potencial de economia de energia de produtos de cobertura altamente refletivos e de inclinação baixa e alta, tais como termoplásticos e membranas de PVC, coberturas metálicas, telhas de betume e revestimentos de telhado brancos.

A calculadora pode prever economias de energia dependendo do albedo ou refletividade solar, que está principalmente relacionada à reflexão da luz visível e infravermelha do telhado. O programa preditivo Calculadora de Telhado Frio usa um conjunto de algoritmos e entradas para atribuir a contribuição de aquecimento e resfriamento para novos produtos de cobertura de telhado com base na localização.

A Calculadora de Telhado Frio DOE contém um banco de dados de graus-dia de aquecimento/ graus de resfriamento para 243 cidades norte-americanas em sua maioria e várias outras no Canadá e no Caribe. Fatores variáveis na calculadora são a refletância solar, emissão de infravermelho, custos energéticos de aquecimento e resfriamento, Valor R do isolamento, plenário e a razão de eficiência energética sazonal (SEER) de equipamentos de aquecimento e refrigeração que podem ser inseridos no programa online.

## 7.1. CASO 1 - ECONOMIA DE ENERGIA CALCULADA EM DIVERSOS LOCAIS NO MUNDO

O cálculo da economia de energia potencial para telhados refletivos brancos utilizando a Calculadora de Telhado Frio da DOE estaria disponível para prever a economia energética no mundo todo. Entretanto, apenas os locais dos Estados Unidos estão listados no banco de dados do Departamento de Energia para os dias de aquecimento e resfriamento. Os dados de graus de aquecimento e resfriamento estão amplamente disponíveis na internet para diversas das principais cidades no mundo todo. Estes dados foram obtidos para grandes cidades fora dos EUA e combinados com cidades norte-americanas com graus-dia de aquecimento/resfriamento semelhantes, a fim de calcular a economia de energia de telhados frios de baixa inclinação.

Para efeito de cálculo, várias condições de entrada comuns foram escolhidas: projeto de telhados de baixa inclinação, revestimentos brancos para telhados como a camada reflexiva, seleção de eficiência energética média de unidades de aquecimento e resfriamento e valor R-10 / U de 0,6 W / (m<sup>2</sup>K) de espessura do isolamento.

Os preços regionais de energia elétrica, combustível e gás natural eram utilizados com base em dados atuais. Em geral, as estimativas de economia de energia utilizando o modelo de software devem ser vistas com cautela, uma vez que os resultados da economia podem variar bastante conforme as premissas e, especialmente, com diferentes custos de combustível. A economia de energia e potenciais números de retorno das principais cidades do mundo são apresentados na Tabela 01. Como se esperava, a economia de energia é maior em cidades com alto número de graus-dia de resfriamento e poucos graus-dia de aquecimento. Além disso, o baixo custo do combustível na Arábia Saudita minimiza a economia de energia, em Riad, embora o número de graus-dia de resfriamento seja um tanto elevado.

Tabela 1 - Economia de energia para telhados frios em localidades do mundo todo.

Localidade	Graus-dia de aquecimento	Graus-dia de resfriamento	Economia em EUR/m <sup>2</sup>
Atenas	2140	2802	2,03
Lyon	4605	731	0,83
Istambul	3129	1475	1,39
Dubai	75	7072	1,96
Riad	865	6105	1,60

## 7.2. CASO 2 - ECONOMIA DOS TELHADOS FRIOS: MEDIÇÕES DE CAMPO

Dois edifícios controlados foram construídos no sul dos Estados Unidos para medir diretamente o consumo e economia de energia, um com um telhado em betume preto e um com revestimento acrílico branco aplicado ao betume preto. Os resultados da Tabela 03 mostram que as medições de energia reais proporcionam uma economia de energia anual de 12,8% e um retorno de 2,1 anos para os materiais e mão de obra. Curiosamente, o programa da Calculadora Telhado Frio da DOE previu uma economia de energia mais baixa do que a economia de energia real medida no medidor de watt no estudo controlado.

Localização: Sul do Mississippi, EUA.

Construção: valor R-11/U de isolamento 0,5 W / (m2K)

Janelas de tijolo com painel único, R-11 no telhado, sem isolamento na parede, telhado de 23 m2, baixa inclinação.

Aquecimento/resfriamento: Bomba elétrica de calor com wattímetro. Custo da energia quando era 12,4 centavos / Kwh. As medições no telhado foram realizadas a cada 15 minutos por um ano.

Tabela 2 - Economia de energia para telhados frios em localidades do mundo todo.  
\*) A calculadora do DOE prevê uma economia de energia de 6 a 13%, dependendo dos dados de entrada variáveis. A vida útil do revestimento depende da localização, substrato e espessura da película.

Custos /economia reais	Telhado Frio	Telhado preto
Temperatura do telhado, verão, meio-dia	41°C (106°F)	84°C (147°F)
Uso de energia por ano	5447 Kwh	6243 Kwh
Kwh economizado	796	nenhum
% de economia por ano	12,8%	
Economia (USD) a 12,4 centavos/Kwh	US\$ 65,25	.
Custo do revestimento + instalação	\$ 137	
Retorno em anos	2,1 *)	
Longevidade média do revestimento de telhado*)	10 - 15 anos	

## 7.3. CASO 3 - REVESTIMENTO DE TELHADO FRIO VS TELHADO NOVO

Os revestimentos de telhado refletivos brancos, se escolhidos e aplicados corretamente, podem ser usados para proteger um telhado e reduzir as despesas de um telhado recém-instalado. Nem todos os telhados são adequados para revestimentos e os revestimentos de telhado não estão disponíveis para todos os substratos de cobertura de telhado. O telhado a ser revestido deve estar livre de vazamentos e devidamente preparado para o revestimento branco a ser aplicado. Isso envolve o reparo de penetrações, calafetar impermeabilizações e renovar emendas. Depois, o telhado deve ser limpo, removendo a sujeira e resíduos para

proporcionar uma adesão aceitável do revestimento refletivo para telhado no substrato do telhado.

Os dados da Tabela 04 mostram que revestimentos de telhado frio elastoméricos acrílicos podem prolongar a vida útil de um telhado a um custo mais baixo do que a instalação de um novo telhado. Além disso, como o telhado antigo não é removido, não há custos de eliminação em aterros.

Tabela 3 - Manutenção do telhado com revestimento vs desfolhamento do telhado.

\*) Depende do substrato, local e espessura do revestimento.

Telhado de 10.000 m <sup>2</sup>	Telhado Frio	Telhado preto
Custo do Revestimento de telhado frio Refletivo	US\$ 200.000	
Custo do telhado novo		\$ 1,000,000
Economia líquida do telhado frio vs. telhado novo	\$ 800,000	nenhum
Retorno em anos	imediate	
Economia no custo de aterro	\$ 27,000	
Longevidade estimada de ampliação de vida útil do telhado com o revestimento de telhado	10 anos	

## 8. CONCLUSÃO

As membranas acrílicas formuladas com emulsões 100% acrílicas elastoméricas podem proporcionar , os seguintes impactos econômicos, ambientais e de saúde: economia de energia devido à carga reduzida de refrigeração por ar condicionado; custo inicial de construção reduzido devido a diminuição de uso de ar condicionado ou até a dispensa dele; aumento da vida útil de telhados existentes reduzindo custos de manutenção para o revestimento contra o desfolhamento e retelhamento; redução de emissões de carbono e créditos de carbono relacionados; redução de resíduos de aterro; redução do efeito de ilha de calor nas grandes cidades.

Os resultados descritos neste artigo demonstram claramente a eficácia dos revestimentos acrílicos quanto a prolongar a vida útil dos materiais que compõe os telhados utilizados em coberturas com inclinação baixa e alta. O uso de revestimentos 100% acrílicos, como o telhado branco, impede a degradação por UV. Uma análise mais detalhada da eficácia dos revestimentos acrílicos elastoméricos brancos refletivos demonstra redução das temperaturas das coberturas e assim diminuindo o uso de ar-condicionado no verão e reduzindo o custo da manutenção do revestimento.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

"Morphology and rheological behavior of maltene–polymer blends. I. Effect of partial hydrogenation of poly(styrene-block-butadiene-block-styrene-block)-type copolymers" by Paola Gonzalez-Aguirre, Luís Medina-Torres, Cornelius Schrauwen, Christian Fonteix, Fernand Pla, Rafael Herrera-Najera<sup>1</sup>, Published online 4 February 2009 Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com).

"The Effects of Acrylic Maintenance Coatings on Reducing Weathering Deterioration of Asphalt Roofing Materials" by Robert Antrim, Cynthia Johnson, William Kirn, Walter

Platek and Karen Sabo, Rohm And Haas Company. Presented at the ASTM Symposium On Roofing Research and Standards Development. 19 de junho de 1994 Montreal, Canadá

PR Log Press Release Distribution, World Bitumen Forecasts for 2011 & 2016

Techline 11 – Freitas, Moisés, Brown Joseph, Jouko Vyorykka, Joseph Rokowski, Klairie Gounaridi / The Dow Chemical Company

A WINNIK, Mitchell. Latex film formation. 2. ed. Toronto: University Of Toronto, 1997. 8 p. Current Opnion in Colloid & Interface Science.

AKBARI, Hashem et al. Aging and Weathering of Cool Roofing Membranes. Atlanta: Nrc Institute For Research In Construction; National Research Council Canada, 2005. 11 p. (D8e16322-2a20-449a-858b-1e10f4420277).

AKBARI, Hashem et al. The impact of reflectivity and emissivity of roofs on building cooling and heating energy use. 2005. Disponível em: <<https://heatland.lbl.gov/publications/impact-reflectivity-and-emissivity>>. Acesso em: 28 abr. 2017.

AKBARI, Hashem; KONOPACKI, Steven J.. The impact of reflectivity and emissivity of roofs on building cooling and heating energy use. Clearwater Beach, Fl: American Society Of Heating, Refrigeration, And Air-conditioning Engineers, Inc., 1998. (Proceedings of Thermal VII: Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Buildings VII).

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. D6083: Standard Specification for Liquid Applied Acrylic Coating Used in Roofing. 05e1 ed. West Conshohocken, 2005. 3 p.

ARANTES, Yara de Kássia. Uma visão geral sobre impermeabilização na construção civil. 2007. 67 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Construção Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13321: Membrana acrílica para impermeabilização. São Paulo, 2008. 4 p.

BACH, E. E.; RANGEL, Á. R. Biodeterioração de Tintas e revestimentos à base de água por fungos.. Revista Exacta, São Paulo, v. III, p. 79-84, 2005.

BORRELLY, Daniel Fernandes. Estudo comparativo da degradação de poliestireno e de poliestireno de alto impacto por envelhecimentos natural e artificial. 2002. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Química, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

BRETZ, Sarah E.; AKBARI, Hashem. Long-term performance of high-albedo roof coatings. Energy And Buildings, [s.l.], v. 25, n. 2, p.159-167, jan. 1997. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0378-7788\(96\)01005-5](http://dx.doi.org/10.1016/s0378-7788(96)01005-5).

FREITAS, Moisés; CRUZ, Eduardo; HERNANDEZ, Ricardo. A evolução de polímeros acrílicos para revestimentos impermeabilizantes de alto desempenho. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE TINTAS, 14., 2015, São Paulo. Anais... . São Paulo: Abrafati, 2015. p. 1 - 10. Disponível em:



<[http://www.abrafati2017.com.br/2015/Dados/PDF/Paper\\_094.pdf](http://www.abrafati2017.com.br/2015/Dados/PDF/Paper_094.pdf)>. Acesso em: 24 abr. 2017.

HOSSEINI, Mirata; AKBARI, Hashem. Effect of cool roofs on commercial buildings energy use in cold climates. 2016. ed. Montreal, Canada: Elsevier, 2015. 13 p. (Energy and Buildings). Vol 114.

IKEMATSU, Paula. Estudo da refletância e sua influência no comportamento térmico de tintas refletivas e convencionais de cores correspondentes. 2007. 134 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado, Engenharia de Construção Civil e Urbana, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

MORAES, C. R. K. D. Impermeabilização em lajes de cobertura - levantamento dos principais fatores envolvidos na ocorrência de problemas na cidade de Porto Alegre. Porto Alegre. 2002.

NGUYEN, T. V. et al. Accelerated degradation of water borne acrylic nanocomposites used in outdoor protective coatings. Polymer Degradation and Stability, 128, 3 March 2016. 65-76.

OLIVEIRA, Moises Ferreira Freitas. AVALIAÇÃO DE POLÍMEROS ACRÍLICOS PARA REVESTIMENTOS IMPERMEABILIZANTES DE LAJES E TELHADOS. São Paulo: Ibi - Instituto Brasileiro de Impermeabilização, 2015. 17 p. (14 Simpósio Brasileiro de Impermeabilização).

SHEPPARD JUNIOR, Walter Lee. 8. Fluid-Applied Membranes. In: SHEPPARD JUNIOR, Walter Lee. Corrosion and Chemical Resistant Masonry Materials Handbook. Usa: William Andrew Publishing/noyes, 2001. p. 98-108. Disponível em: <[https://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpCCRRMH08/viewerType:toc/root\\_slug:corrosion-chemical-resistant](https://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpCCRRMH08/viewerType:toc/root_slug:corrosion-chemical-resistant)>. Acesso em: 28 abr. 2017.

SILVA, Isabela Libório Martins da. Estudo de durabilidade de pinturas "frias" e convencionais expostas ao envelhecimento natural. 2017. 170 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

UEMOTO, K. L.; AGOPYAN, V. Durabilidade de revestimentos à base de polímeros. WORKSHOP DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES. São Leopoldo: ANTAC. 1997. p. 55-63.



Instituto de  
Impermeabilização

<http://ibibrasil.org.br/>