



# COMPARAÇÃO ENTRE A UTILIZAÇÃO DE MEMBRANA DE POLIURÉIA E DE SISTEMAS ASFÁLTICOS PARA IMPERMEABILIZAÇÃO DE LAJES DE TRÁFEGO VEICULAR

Eng. Civil Paulo H. C. de O. Vasconcelos - CIAIMPER

Prof. Dr. Elton Bauer - UnB

# INTRODUÇÃO



UnB



# INTRODUÇÃO

O sistema tradicional e mais utilizado em impermeabilização de lajes que possuem trânsito de veículos ainda é a manta asfáltica. No entanto, uma simples camada de manta asfáltica instalada com o uso de maçaricos é um sistema muito pouco seguro para esse tipo de solicitação.

Atualmente, os projetistas tem recorrido, portanto, ao sistema de multi-camadas asfálticas, valendo-se da maior espessura para garantir o sucesso da impermeabilização. Notadamente, tem se utilizado camadas intercaladas de manta asfáltica aderidas sobre camadas de asfaltos oxidados aplicados em altas temperaturas

# INTRODUÇÃO

Nos sistemas baseados em camadas asfálticas, é necessário ser feita uma camada de proteção mecânica, para o tráfego de veículos, e esta, normalmente deve ter cerca de 10 cm de espessura e deve, ainda, ser armada com tela de aço. Entre a camada de impermeabilização asfáltica (que tem baixa resistência ao puncionamento mecânico) e a camada de proteção mecânica é necessário o uso de uma camada “amortecedora” que objetiva não transmitir esforços, notadamente, puncionamento à camada impermeabilizante.

# INTRODUÇÃO

O uso da membrana de Poliuréia elimina essa grande sequência de trabalhos por ser apenas uma única camada aplicada diretamente sobre a laje de concreto lisa e devidamente preparada; e esta preparação consiste apenas no lixamento para retirada de resíduos de sujeira, hidrolavagem e aplicação de imprimante base epóxi, sendo, portanto, mais simples do ponto de vista executivo.

# INTRODUÇÃO

Além do aspecto da simplicidade na execução, destaca-se também:

- Facilidade de manutenção no caso de infiltrações
- Carga morta na estrutura que gera deformações estruturais além do sobre-peso dispensável nas fundações.
- Rapidez executiva

Esses fatores, tem sido preponderantes no que diz respeito ao crescimento desse sistema impermeabilizante frente aos tradicionais sistemas asfálticos.

# INTRODUÇÃO

Neste trabalho foi feita uma análise do ponto de vista técnico e comercial da viabilidade da utilização de membranas de elastômeros de Poliuréia para impermeabilização de lajes com tráfego veicular em comparação com os tradicionais sistemas asfálticos

# REVISÃO BIBLIOGRÁFICA



UnB



# Impermeabilização:

A impermeabilização na construção civil tem como objetivo impedir o transporte indesejável de águas, fluídos e vapores nos materiais e componentes, podendo atuar na contenção ou no direcionamento desses elementos para algum local que se deseja. (Bauer et. al., 2007)

## Materiais Impermeabilizantes:

Materiais impermeabilizantes são produtos que possuem a capacidade de bloquear a passagem de fluídos (em forma líquida e/ou gases).

A NBR 9575:2010 agrupa os tipos de impermeabilização em função do material constituinte principal, que são, cimentícios, asfálticos e poliméricos:



## Materiais e sistemas impermeabilizantes

Produtos com propriedades de impedir a passagem de água, ou fluidos, sob forma líquida ou vapor.

Solicitações impostas aos materiais impermeabilizantes:

- Água por percolação
- Água por absorção capilar
- Água por pressão hidrostática

# Propriedades e requisitos

## Resistência Mecânica:

- tração, compressão e alongamento
- deformação residual
- aderência ao suporte
- fadiga dinâmica
- puncionamento estático e dinâmico
- rasgamento
- grau e tipo de fissuração do substrato
- degradação à agentes químicos
- abrasão

# Propriedades e requisitos

## Resistência Térmica:

- altas temperaturas
- baixas temperaturas
- ciclos térmicos
- estabilidade térmica dimensional
- flexibilidade à baixas temperaturas



UnB



# Propriedades e requisitos

## Flexibilidade:

- flexível
- semi-flexível
- rígido

## Deformabilidade

- elástico
- plástico
- plasto-elástico



UnB



# Propriedades e requisitos

## Aplicabilidade:

- pré fabricado
- moldado in loco
- aplicação à quente
- aplicação a frio
- base água ou base solvente



UnB



# Propriedades e requisitos

## Proteção:

- dispensa proteção
- requer proteção
- auto protegido
- proteção térmica

# Propriedades e requisitos

## Características do Substrato:

- aderido ao substrato
- não aderido ao substrato
- requer berço amortecedor
- presença de umidade no substrato
- resistência do substrato
- rugosidade do substrato
- composição do substrato

# Propriedades e requisitos

## Forma do Substrato:

- baixa inclinação
- elevada inclinação
- plana
- abobadada
- cilíndrica
- esférica
- complexa



UnB



# Propriedades e requisitos

## Estabilidade:

- estabilidade ao longo do tempo
- vida útil
- necessidade de conservação periódica

# Propriedades e requisitos

## Outros Aspectos:

- grau de especialização exigido
- exequibilidade
- custo
- rapidez na aplicação
- fatores de risco - exigência de segurança
- exigências de EPI
- armazenamento
- normalização ABNT
- toxicidade
- restrições de utilização



UnB



# Asfálticos:

Mistura complexa de Hidrocarbonetos, obtido pela destilação do CAP.

## Membranas Asfálticas;

- o Asfaltos oxidados
- o Asfaltos diluídos
- o Emulsões asfálticas
- o Asfaltos policondensados,
- o Asfaltos elastoméricos
- o Soluções asfálticas elastoméricas
- o Emulsões asfálticas elastoméricas
- o Asfaltos modificados com poliuretano.

## Mantas Asfálticas



## Cimentícios:

Os impermeabilizantes cimentícios são produtos em que o cimento é o veículo principal e que, sofrendo adições poliméricas, adquirem propriedades impermeabilizantes.

São membranas, em geral bi-componentes, portanto aplicadas de forma plástica ou líquida, com ou sem a presença de estruturantes usados para melhorar suas características mecânicas.

## Poliméricos:

Os impermeabilizantes poliméricos são constituídos por homopolímeros ou copolímeros com características elastoméricas. Em geral, são impermeabilizantes cujo veículo principal são os agentes modificadores dos impermeabilizantes base asfáltica ou cimentícia, como o Poliuretano, Acrílico, EVA, entre outros.

### Mantas:

- Manta Butílica e EPDM
- Manta de PVC
- Manta de PEAD

### Membranas:

- Membrana de Poliuréia
- Membrana de Poliuretano
- Membranas Acrílicas

# Asfalto

## Impermeabilizante mais antigo utilizado:

- citações bíblicas - arca de Noé
- aquedutos romanos
- jardins suspensos da Babilônia
- canais de irrigação
- piscinas e reservatórios
- casas de banhos sagradas



UnB



# Asfalto

Mistura complexa de hidrocarbonetos de elevado peso molecular e outros componentes em pequena escala.

Termoplástico - consistência varia em função da temperatura.

Obtido pela destilação do petróleo ou raramente encontrado em estado natural.

Também denominado CAP - Cimento Asfáltico de Petróleo.

# Asfalto

Asfaltos usados com impermeabilizantes podem ser divididos em dois grandes grupos:

Asfaltos sem adição polimérica

Asfaltos com adição polimérica

# Asfalto

- Asfaltos com adição polimérica
  - busca-se reduzir a termo-sensibilidade e aumentar a elasticidade ou plasticidade, o que, devido às variações dimensionais cíclicas da estrutura, permite um desempenho superior do material.
- Plastoméricos: Polímeros de APP são os mais usado no Brasil
- Elastoméricos: Polímeros de SBS são os mais utilizados no Brasil

## Asfalto

Os materiais impermeabilizantes base asfáltica podem ser divididos em dois grupos pela forma de fabricação/aplicação:

- **Membranas Asfálticas**

- são impermeabilizantes de base asfáltica, moldados no local a ser impermeabilizado, podendo conter ou não estruturantes (tela de poliéster, véu de poliéster, etc.).

- **Mantas Asfálticas**

- material impermeabilizante, flexível, pré-fabricado, com um estruturante interno à sua massa asfáltica, com vários tipos de acabamento superficial.

## Membranas Asfálticas

- Asfaltos oxidados
- Asfaltos diluídos
- Emulsões asfálticas
- Asfaltos policondensados
- Asfaltos elastoméricos
- Soluções asfálticas elastoméricas
- Emulsões asfálticas elastoméricas
- Asfaltos modificados com poliuretanos
- Outros

## Membranas Asfálticas

- **Asfaltos oxidados:**
  - São feitos pela passagem de ar, em temperaturas elevadas, no asfalto de destilação direta (CAP)
  - Deformam em torno de 10% (sem modificação com óleos ou polímeros), são quebradiços em baixas temperaturas, com baixa resistência à fadiga.
  - São comercializados em barras sólidas e aplicados à quente após serem derretidos em caldeiras.
  - A oxidação do asfalto altera as seguintes características físicas principais:
    - aumento do peso específico e consistência;
    - diminuição da ductibilidade;
    - diminuição da suscetibilidade às variações de temperatura.



UnB





UnB



# Membranas Asfálticas

- **Asfaltos diluídos:**
  - São resultantes da diluição do CAP, ou do asfalto oxidado, por diluentes destilados do petróleo.
  - Os diluentes têm a finalidade apenas como veículo de diluição, de forma a permitir a sua aplicação à temperatura ambiente (aplicações a frio)
  - São largamente empregados para imprimação de substratos que receberão sistemas impermeabilizantes de base asfáltica como membranas asfálticas ou mantas asfálticas. NBR 9686 (ABNT: 2006)
  - São também empregados como pinturas protetoras de superfícies, impermeabilizantes, pinturas anticorrosivas para metais, dentre outras utilizações.

# Membranas Asfálticas

- **Emulsões asfálticas:**
  - São dispersões de cimento asfáltico em fase aquosa (CAP, água e emulsificantes)
  - Por não haver adições poliméricas neste material, forma uma membrana dura e quebradiça em baixas temperaturas.
  - Devido ao seu baixo custo, a utilização desse impermeabilizante é muito difundida, mas deve ser restrita às áreas com baixa deformação, por ação estrutural ou térmica.
  - São também uma opção, ainda que provisória, rápida e barata em períodos de chuvas, uma vez que, por serem à base de água, podem ser aplicadas em substratos úmidos (mas sem poças de água).

# Membranas Asfálticas

- **Asfaltos policondensados**
  - São obtidos por reação de condensação em reatores de processo contínuo com variação de vazão, temperatura e pressão, resultando em um aumento médio do peso molecular da massa de CAP.
  - São comercializados em barras sólidas e aplicados a quente após serem derretidos em caldeiras.

# Membranas Asfálticas

- **Asfaltos elastoméricos**
  - Obtidos pela composição de CAP e polímeros elastoméricos em dispersores em temperatura adequada, asfaltos elastoméricos são comercializados em barras sólidas e aplicados a quente através do derretimento das barras em caldeiras, cuja temperatura deve ser controlada.

# Membranas Asfálticas



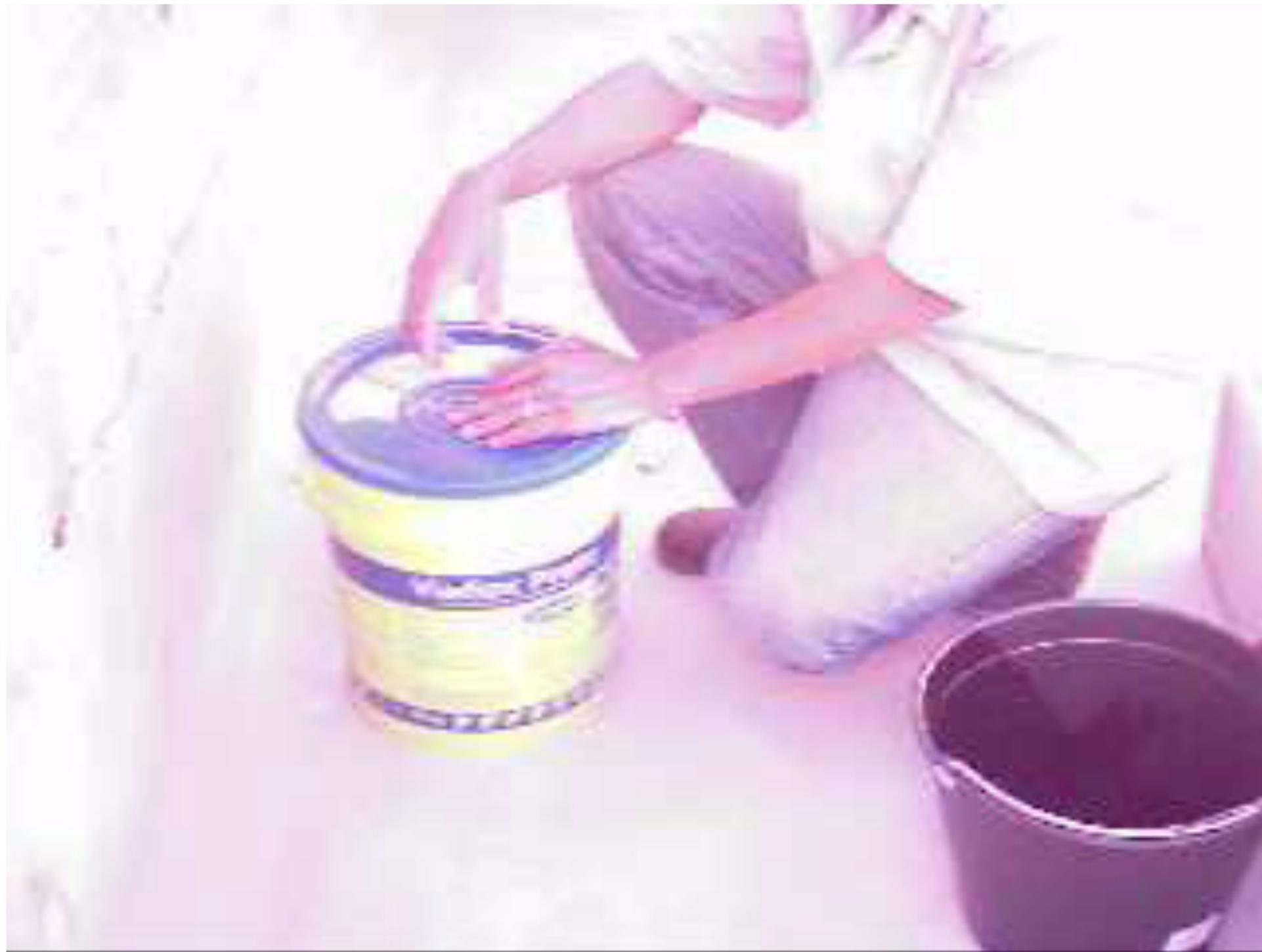


# Membranas Asfálticas

- **Soluções asfálticas elastoméricas**
  - Soluções asfálticas elastoméricas são os mesmos asfaltos elastoméricos em barras, porém diluídos em solventes e, por vezes, com cargas adicionadas para melhorar o escorrimento.
  - Têm a característica de serem aplicadas a frio, o que, por vezes, facilita muito a aplicação.

# Membranas Asfálticas

- **Emulsões asfálticas elastoméricas**
  - Emulsões asfálticas elastoméricas são dispersões de asfalto elastomérico em fase aquosa.
  - Por serem produtos isentos de solventes, seguem a tendência mundial de utilização de produtos que degradem menos o meio ambiente.
  - Podem ser aplicadas em locais fechados e em substratos com umidade, mas sem filme de água.



# Membranas Asfálticas

- **Asfaltos modificados com poliuretanos**
  - Asfaltos modificados com poliuretano se diferenciam em relação aos asfaltos elastoméricos modificados pela família SBS por serem modificados por um polímero termofixo.
  - O sistema de formação de película se dá através de reação química, e a película formada não é mais susceptível à ação da variação de temperatura.
  - O poliuretano confere ao asfalto, além das características já citadas dos asfaltos poliméricos, elevada resistência química, fazendo com que esse tipo de membrana seja empregada em aplicações mais técnicas.

## Mantas Asfálticas

- **Material:** Mantas pré-fabricadas com asfalto oxidado ou modificado com polímeros (APP, SBS, EPDM, etc.) (NBR 9952)
- **Estruturante:** Estruturados com armaduras de véu de poliéster, véu de fibra de vidro, filme de polietileno, filme de poliéster, etc.
- **Aplicação:** Após imprimação com o primer, aplicação e soldagem das sobreposições com maçarico de gás GLP, asfalto oxidado ou modificado a quente, asfaltos adesivo ou auto adesividade.

## Mantas Asfálticas

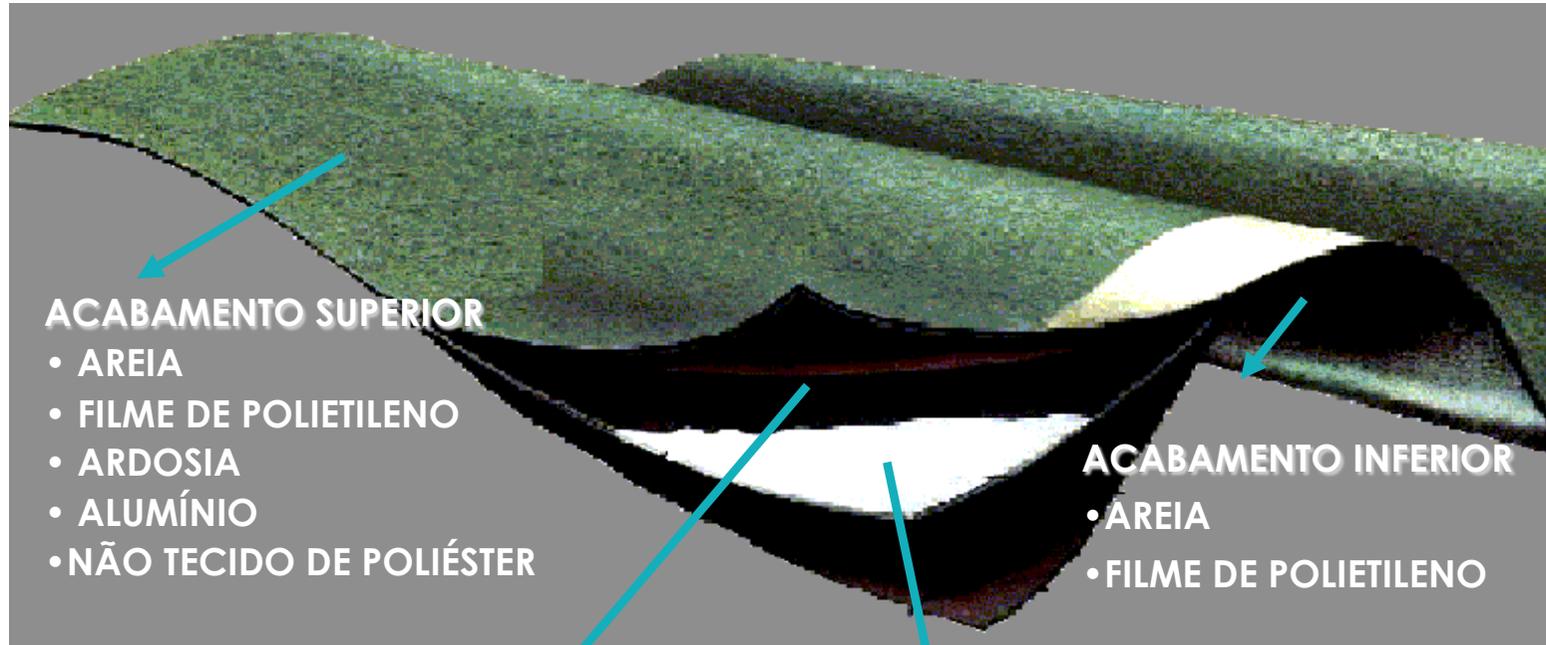
- **Espessura:** Espessura variável em função do local de aplicação, sendo o mínimo 3 mm em mono camada ou 2 mm quando aplicado sobre a mesma outra manta de espessura igual ou maior que 3 mm
- **Consumo:** Consumo médio de 1,15 m<sup>2</sup>/ m<sup>2</sup> de área impermeabilizada.



## Mantas Asfálticas

- **Utilização:**
  - Impermeabilização para água de percolação, umidade ou pressão hidrostática positiva.
  - Lajes com trânsito de pedestres, tráfego de veículos ou sem tráfego, dependendo do tipo de manta.
  - Lajes expostas a intempéries, com mantas com acabamento em grânulos minerais, filmes de alumínio ou pinturas protetivas.
  - Estruturas sujeitas a pressão hidrostática positiva, como reservatórios, piscinas, tanques espelhos d'água, etc.

# Mantas Asfálticas



## MASSA ASFÁLTICA IMPERMEABILIZANTE

- PLASTOMÉRICA
- ELASTOMÉRICA
- OXIDADO

## ESTRUTURANTE

- NÃO TECIDO DE POLIÉSTER
- VÉU DE FIBRA DE VIDRO
- FILME DE POLIÉSTER
- FILME DE POLIETILENO

# Mantas Asfálticas



UnB



# Mantas Asfálticas



UnB



## Mantas Asfálticas

- **Massa Asfáltica** é o elemento constituinte da manta asfáltica diretamente responsável pela durabilidade, aderência, flexibilidade em baixas temperaturas, resistência ao escorrimento em altas temperaturas, entre outras propriedades finais do produto. Pode ser modificada ou não por adição de polímeros.
- Vale lembrar-se que a quantidade e a qualidade do polímero presente no composto asfáltico também terão papel fundamental na qualidade final do composto e, por conseguinte, da manta asfáltica.

## Mantas Asfálticas

- **Estruturantes** são os elementos responsáveis, principalmente, pela resistência à tração das mantas asfálticas. Os mais utilizados são:
  - **a) não tecido de poliéster**, formado por filamentos contínuos de poliéster distribuídos em forma aleatória, sem configurar uma trama para ser considerado tecido, é comercializado em várias gramaturas.
  - **b) filme de Polietileno** são estruturantes de baixo custo, com baixa resistência à tração, mas que confere à manta final elevada flexibilidade e alongamento;
  - **c) véu de fibra de vidro**, obtido através da aglomeração, através de resinas especiais, de fibras de vidro, não possui elevada resistência à tração e tampouco tem boa flexibilidade e alongamento

## Mantas Asfálticas

- **Acabamento Superficial**

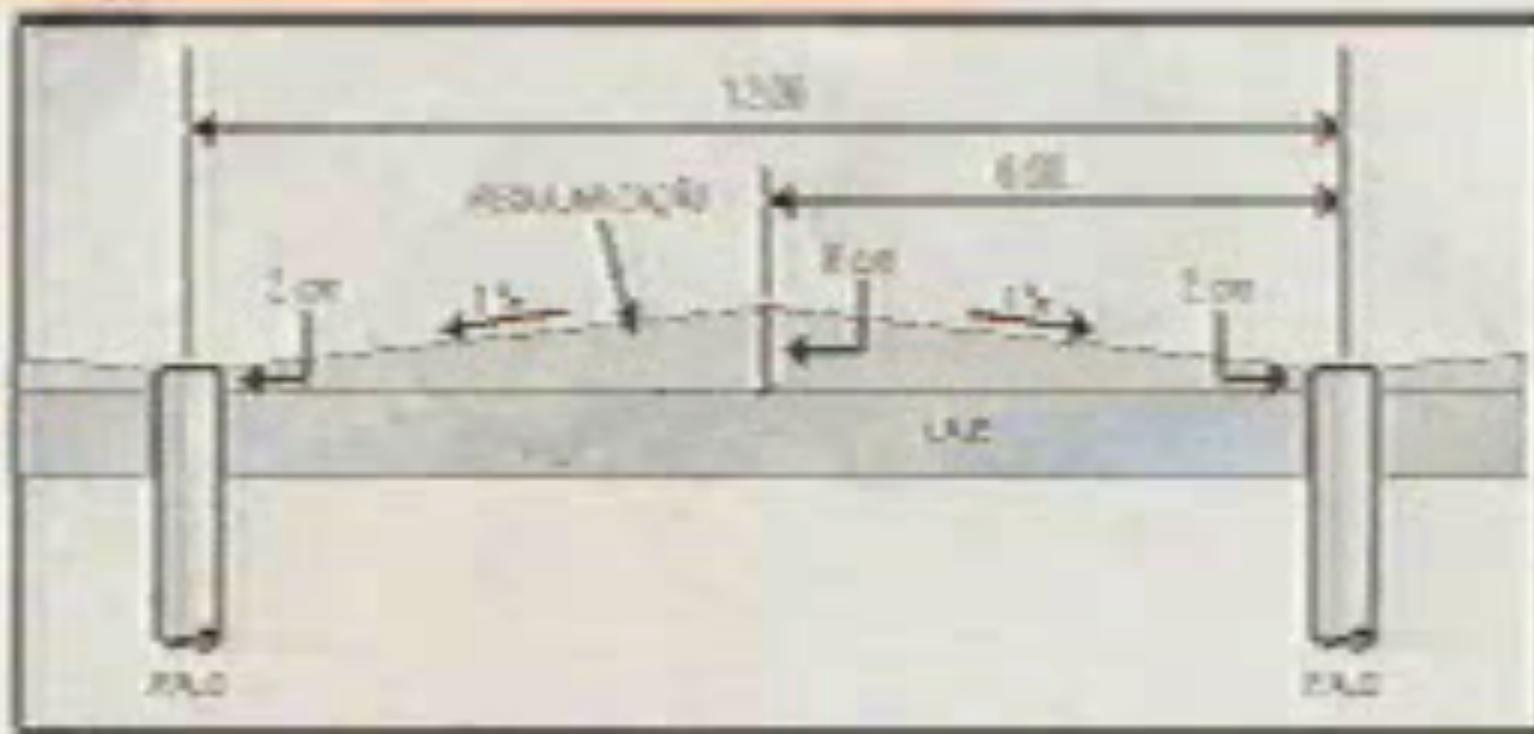
- a) Polietileno-Polietileno: são mantas revestidas dos dois lados de um polietileno de baixa espessura e baixa gramatura e microperfurado, para que a chama do maçarico possa melhor extingui-lo durante a aplicação.
- b) Areia-Areia: são mantas revestidas por camada de areia muito fina em ambos os lados. O acabamento de areia melhora a aderência em membranas asfalto a quente, quando utilizadas como camada berço ou intermediária.
- c) Areia-Polietileno: são mantas revestidas, de um lado, por um filme de polietileno e, do outro, pela camada de areia fina.

## Mantas Asfálticas

- **Acabamento Superficial**

- d) Aluminizada: são mantas revestidas, pelo lado interno, por um filme de polietileno a ser extinguido por aplicação de chama na aplicação e, pelo lado externo, por uma membrana metálica, muito fina, com o objetivo de proteger a manta contra a ação dos raios U.V.
- e) Ardosiada: são mantas revestidas, pelo lado interno, por um filme de polietileno a ser extinguido na aplicação e, pelo lado externo, por uma membrana granular de ardósia, muito fina, com o objetivo de proteger a manta contra a ação dos raios ultravioletas e do tráfego eventual de pedestres.

## ESQUEMA BÁSICO DE CAIMENTO



## Sistemas Impermeabilizantes:

Sistema de impermeabilização é o conjunto formado pelos materiais de demais insumos dispostos em camadas ordenadas que objetivam a impermeabilidade de uma construção (ABNT NBR 9575:2010).

Entende-se, portanto, que o sucesso de uma impermeabilização não depende apenas do material impermeabilizante utilizado, mas também da interação destes com o substrato que o recebe, da estrutura como um todo, da camada de proteção mecânica, de providências construtivas entre outros fatores.

TABELA 2.2 – CLASSIFICAÇÃO DE SISTEMAS IMPERMEABILIZANTES

| TIPO DE CLASSIFICAÇÃO    | CLASSIFICAÇÃO DO SISTEMA | DESCRIÇÃO   |
|--------------------------|--------------------------|---|
| Flexibilidade            | Flexíveis                | Materiais com alta capacidade de deformação em relação ao substrato onde foi aplicado   |
|                          | Rígidos                  | Materiais com pouca capacidade de deformação em relação ao substrato aonde foi aplicado   |
|                          | <u>Semiflexíveis</u>     | Materiais com características intermediárias  |
| Metodologia de aplicação | Membranas                | Moldados no local, aplicados na forma líquida ou pastosa  |
|                          | Mantas                   | Pré-moldados, comercializados em rolos.   |
|                          | Sistemas injetáveis      | São resinas poliméricas, em geral a base de poliuretano, injetadas com o auxílio de equipamentos e bicos injetores no interior de fissuras por onde existem infiltrações e através de estruturas enterradas como cortinas e poços de <u>elevador</u> para que o produto impermeabilizante fique entre o solo e a estrutura. |



UnB



|                                 |                                 |   |
|---------------------------------|---------------------------------|---|
| Solicitações impostas pela água | Pressão unilateral ou bilateral | Pressão hidrostática positiva: sistemas impermeabilizantes que recebem <u>pressões</u> hidrostáticas no sentido ao da aderência do sistema ao substrato.  |
|                                 |                                 | Pressão hidrostática negativa: sistemas impermeabilizantes que recebem pressão hidrostática em sentido contrário ao da aderência do sistema ao substrato.   |
|                                 | Água por condensação            | Sistemas que devem suportar a ação da água que atinge uma estrutura por condensação.  |
|                                 | Água de percolação              | Sistemas que devem suportar a ação de água de percolação e sem confinamento, como lajes, calhas, floreiras, etc.  |
|                                 | Água por umidade do solo        | Sistemas que devem suportar a ação da água por umidade ascendente (ascensão capilar) proveniente do solo, como em pisos em contato com o solo, paredes nas quais aparece a patologia “mofo de rodapé”, etc. |
| Exposição ao intemperismo       | Resistentes ao intemperismo     | Produtos ou sistemas cujas propriedades permitem sua exposição direta ao intemperismo   |
|                                 | <u>Autoprotégidos</u>           | São produzidos com um acabamento superficial protetor, como uma manta asfáltica <u>aluminizada</u> .  |
|                                 | Pós-protégidos                  | São materiais ou sistemas que demandam a execução de um acabamento protetor compatível.   |

|                           |                             |   |
|---------------------------|-----------------------------|---|
| Exposição ao intemperismo | Resistentes ao intemperismo | Produtos ou sistemas cujas propriedades permitem sua exposição direta ao intemperismo   |
|                           | <u>Autoprotégidos</u>       | São produzidos com um acabamento superficial protetor, como uma manta asfáltica <u>aluminizada</u> .  |
|                           | Pós-protégidos              | São materiais ou sistemas que demandam a execução de um acabamento protetor compatível.   |
| Aderência ao substrato    | Aderidos ao substrato       | Sua principal vantagem é de que não permitem a infiltração de água por entre o substrato e a camada impermeabilizante, e neste caso é mais fácil de localizar o problema. A desvantagem é que o sistema deve ser capaz de suportar totalmente a movimentação do substrato a fim de que não haja infiltrações. |
|                           | Parcialmente aderidos       | Características intermediárias de aderência   |
|                           | Não aderidos                | Possuem a vantagem de não absorver nenhuma movimentação proveniente da estrutura.   |
| Temperatura de Aplicação  | A frio                      | Quando o produto não demanda elevação de temperatura para a aplicação tendo seu veículo básico água ou solventes.   |
|                           | A quente                    | Quando é necessário o aumento da temperatura para haver aplicabilidade do material impermeabilizante.   |



UnB



## Sistemas Elastoméricos Impermeabilizantes

São sistemas impermeabilizantes, aplicados a frio ou a quente, que podem ser ou não estruturados com telas, e, em alguns casos, dispensam o uso de camada de proteção mecânica.

Atualmente, o tipo de impermeabilização que mais cresce no Brasil são as membranas elastoméricas e aderentes.  
(CAMPIOTO, 2012)

## Sistemas Elastoméricos Impermeabilizantes

- Maior simplicidade na aplicação
- Dispensa da camada de proteção mecânica, podendo inclusive haver tráfego de veículos por sobre os mesmos.
- Aderência completa no substrato, o que impede o espalhamento da água por sob a camada impermeabilizante em caso de defeitos
- Recente redução dos custos das matérias primas desses sistemas, o que aproximou dos custos dos sistemas convencionais como os asfálticos e cimentícios.
- Maior velocidade de aplicação
- Possibilidade de uso de mão de obra não profissional, como no caso das membranas acrílicas.



UnB



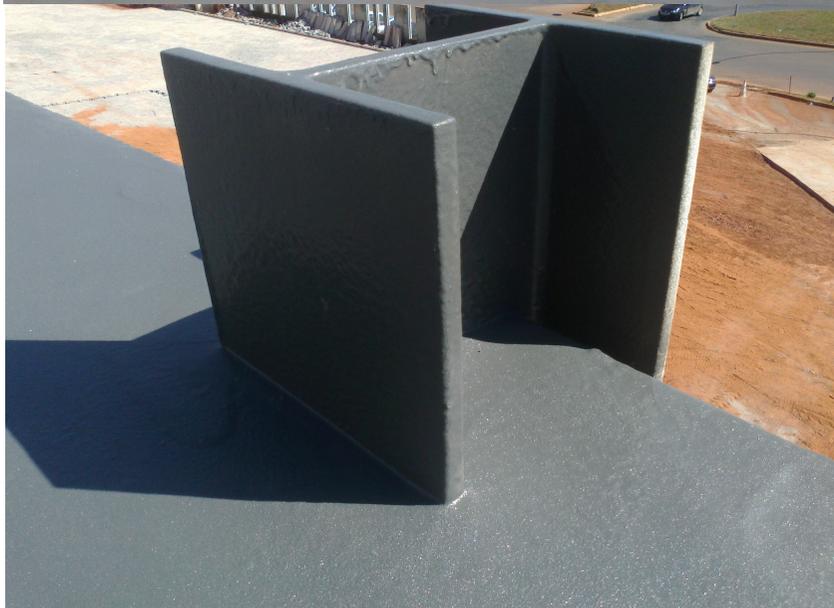


UnB









## Sistemas de Poliuretano e Poliuréia:

Os poliuretanos foram desenvolvidos por Otto Bayer, em 1937

A Cronologia do Poliuretano se iniciou na Alemanha no final da década de 1930 com fabricação de espumas rígidas, adesivos, e tintas e os elastômeros de poliuretano vieram a aparecer na década de 40. As espumas flexíveis vieram aparecer na década de 50. Na década de 60, o uso dos clorofluorcarbonos (CFCs) como agente de expansão das espumas rígidas possibilitou o uso deste material para isolamento térmico.

## Sistemas de Poliuretano e Poliuréia:

A primeira referencia sobre Poliuréia se deu em 1948 quando pesquisadores estavam comparando propriedades térmicas entre Poliesteres, Polietilenos, Poliuretanos, Poliamidas e Poliuréias e notaram que esta tinha muito mais estabilidade térmica à temperaturas mais elevadas. (Primeaux, 2006)

Poliuréia é o produto resultante da reação entre um poliisocianato e um mistura selecionada de resinas com terminações em Aminas (PDA, apud Primeaux, 2006).

A Poliuréia como é conhecida atualmente foi desenvolvida por em meados dos anos 80 pelo então funcionário da “Texaco Chemical Company”, hoje “Huntsman Chemical”, Dudley Primeaux (Tripp et. al. , 2012).



## Sistemas de Poliuretano e Poliuréia

O primeiro sistema de revestimento 100% Poliuréia bi-componente, aplicada com equipamento de alta pressão foi num sistema de impermeabilização de telhados em 1989.

Inicialmente, o sistema de poliuréia era utilizado principalmente no segmento industrial, para revestimento de estruturas submetidas a severas abrasões físicas, como interior de tubos, caçambas de caminhões, entre outros. Apesar do seu alto custo, esse tipo de revestimento era bastante utilizado pela sua facilidade, leveza e rapidez de aplicação em relação aos revestimentos metálicos.  
(Primeaux, 2006)

## Estrutura Molecular:

A estrutura molecular dos Poliuretanos e Poliuréias podem variar desde os polímeros rígidos reticulados, até os elastoméricos de cadeias lineares e flexíveis.

As características dos elastômeros de Poliuretano e Poliuréia dependem grandemente das ligações hidrogênio entre os grupos polares da cadeia polimérica, principalmente entre os grupos N-H (doadores de próton) e as carbonilas (doadores de elétron) presentes nas estruturas uréia e uretano.

## Estrutura Molecular:

A principal característica distintiva com a tecnologia poliuréia sobre poliuretanos é que são usadas resinas terminadas em amina (-NH<sub>2</sub>) ao invés de hidroxílias (-OH). A reação das resinas terminadas em amina com o isocianato resultam na formação de uma ligação de ureia. Como este é um polímero e estas unidades de repetição, o termo aplica-se, em seguida, poliuréia (Primeaux, 2006).

Existem ainda as cadeias híbridas



## Estrutura Molecular:

A questão é que no mercado, existem muitas formulações híbridas, aonde o componente B (mistura de resinas), chamado simplificado de Poliol tem-se:

| <b>RESINA</b>          | <b>EXTENSOR DE CADEIA</b> | <b>SISTEMA FORMADO</b>   |
|------------------------|---------------------------|--------------------------|
| <u>Poliéter-Amina</u>  | Terminação em Amina       | <u>Poliuréia Pura</u>    |
| <u>Poliéter-Poliol</u> | Terminação em Amina       | <u>Poliuréia Híbrida</u> |
| <u>Poliéter-Amina</u>  | Glicol                    | Poliuretano Híbrido      |
| <u>Poliéter-Poliol</u> | Glicol                    | Poliuretano              |

## Matérias Primas

### Isocianato:

Os isocianatos possuem o grupo NCO que reage com compostos que possuam átomos de hidrogênio ativo, como os polióis, a água, os extensores de cadeia, etc.

TDI – TOLUENO DIISOCIANATO

MDI – DIFENILMETANO DIISOCIANATO

PRÉ-POLÍMEROS DE ISOCIANATO

ISOCIANATOS ALIFÁTICOS (HDI, IPDI, HMDI, TMXDI)

ISOCIANATOS MODIFICADOS

## **Poliol:**

O termo polioliol abrange uma grande variedade de compostos contendo grupos hidroxilas, capazes de reagir com os isocianatos para formar os poliuretanos e poliuréias.

## **Poliaminas**

As poliaminas apresentam grande reatividade, que não é afetada pela umidade ou temperatura, sem necessidade de catalisadores. As poliuréias obtidas exibem excelentes propriedades mecânicas;

## **Extensores de Cadeia**

Os extensores de cadeia ou agentes de cura, e os reticuladores são polióis ou poliaminas de baixo peso molecular utilizados para melhorar as propriedades dos Poliuretanos e Poliuréias.

## Aplicação:

Os sistemas elastoméricos de Poliuretano são, em geral, aplicados a frio e com ferramentas simples como rodos, rolos, pincéis, entre outras. Eles podem ser monocomponentes, ou bi-componentes.

A família das poliuréias (puras e híbridas), são aplicadas, em geral) a quente ( $70^{\circ}\text{C}$ ) e numa proporção de 1:1 entre os componentes A (isocianato) e B (resina) em altas pressões e com o auxílio de equipamentos bem mais sofisticados que controlam a vazão em função das pressões nas bombas de transferência de cada componente.

# ESTUDO DE VIABILIDADE



UnB



Foi feito um levantamento dos custos envolvidos na execução de sistemas impermeabilizantes base asfáltica e de base de poliuréia para impermeabilização de lajes com tráfego veicular.

Para o estudo de caso, foram coletados preços médios de insumos e de mão de obra praticados no mercado do DF com data base de setembro de 2014.

## SISTEMAS IMPERMEABILIZANTES BASE ASFÁLTICA

| Tratamento da superfície | Hidrolavagem      |               | Fresagem          |               | Nenhum            |               |
|--------------------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|
|                          | MATERIAL - R\$/M2 | M.O. - R\$/M2 | MATERIAL - R\$/M2 | M.O. - R\$/M2 | MATERIAL - R\$/M2 | M.O. - R\$/M2 |
|                          | 0,01              | 5,00          | 1,00              | 6,00          | 0,00              | 0,00          |
|                          | 5,01              |               | 7,00              |               | 0,00              |               |

| Camada de Aderência | Ponte de aderência em resina acrílica |               | Calda de cimento com acrílico |               | Nenhuma           |               |
|---------------------|---------------------------------------|---------------|-------------------------------|---------------|-------------------|---------------|
|                     | MATERIAL - R\$/M2                     | M.O. - R\$/M2 | MATERIAL - R\$/M2             | M.O. - R\$/M2 | MATERIAL - R\$/M2 | M.O. - R\$/M2 |
|                     | 1,10                                  | 2,00          | 1,50                          | 2,00          | 0,00              | 0,00          |
|                     | 3,10                                  |               | 3,50                          |               | 0,00              |               |



UnB



## SISTEMAS IMPERMEABILIZANTES BASE ASFÁLTICA

| Camada de regularização | Argamassa 1:3 espessura média<br>6 cm |               | Argamassa 1:3 espessura média<br>8 cm |               | Argamassa 1:3 espessura média<br>10 cm |               | Argamassa 1:3 espessura média<br>12 cm |               |
|-------------------------|---------------------------------------|---------------|---------------------------------------|---------------|--|---------------|--|---------------|
|                         | MATERIAL - R\$/M2                     | M.O. - R\$/M2 | MATERIAL - R\$/M2                     | M.O. - R\$/M2 | MATERIAL - R\$/M2                      | M.O. - R\$/M2 | MATERIAL - R\$/M3                      | M.O. - R\$/M3 |
|                         | 16,20                                 | 12,00         | 21,60                                 | 12,00         | 27,00                                  | 12,00         | 32,40                                  | 12,00         |
|                         | 28,20                                 |               | 33,60                                 |               | 39,00                                  |               | 44,40                                  |               |

| Camada impermeabilizante | Manta 4 mm Tipo III aderida<br>com maçarico |               | Manta 4 mm Tipo III aderida<br>com 3,0 kg/m2 de asfalto<br>modificado tipo II |               | Dupla camada de Manta<br>Asfáltica 3 mm Tipo III e 4 mm<br>tipo IV aderida com maçarico |               | Dupla camada de Manta<br>Asfáltica 3 mm Tipo III e 4 mm<br>tipo IV aderida com maçarico<br>aderida com 6,0 kg/m2 de<br>asfalto modificado tipo II |               |
|--------------------------|---|---------------|---|---------------|---|---------------|---|---------------|
|                          | MATERIAL - R\$/M2                           | M.O. - R\$/M2 | MATERIAL - R\$/M2   | M.O. - R\$/M2 | MATERIAL - R\$/M2   | M.O. - R\$/M2 | MATERIAL - R\$/M2   | M.O. - R\$/M2 |
|                          | 21,98                                       | 15,00         | 30,98   | 18,00         | 42,28   | 28,00         | 60,28   | 34,00         |
|                          | 36,98                                       |               | 48,98   |               | 70,28   |               | 94,28   |               |



UnB



## SISTEMAS IMPERMEABILIZANTES BASE ASFÁLTICA

|                            |   |                      |                          |                      |
|----------------------------|---|----------------------|--------------------------|----------------------|
| <b>Camada Amortecedora</b> | <b>Argamassa<br/>cimento:areia:emulsão asfáltica<br/>1:8:1 - 2 cm</b> |                      | <b>EPS 20 mm</b>         |                      |
|                            | <b>MATERIAL - R\$/M2</b>  | <b>M.O. - R\$/M2</b> | <b>MATERIAL - R\$/M2</b> | <b>M.O. - R\$/M2</b> |
|                            | 6,20  | 5,00                 | 5,00                     | 2,00                 |
|                            | <b>11,20</b>  |                      | <b>7,00</b>              |                      |

|                          |                             |                      |                           |                      |
|--------------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|
| <b>Camada Separadora</b> | <b>Filme de Polietileno</b> |                      | <b>Geotêxtil 200 g/m2</b> |                      |
|                          | <b>MATERIAL - R\$/M2</b>    | <b>M.O. - R\$/M2</b> | <b>MATERIAL - R\$/M2</b>  | <b>M.O. - R\$/M2</b> |
|                          | 0,50                        | 1,00                 | 1,00                      | 6,00                 |
|                          | <b>1,50</b>                 |                      | <b>7,00</b>               |                      |

|  |   |                      |
|--|---|----------------------|
| <b>Camada de Proteção<br/>Mecânica</b> | <b>Camada em Concreto Polido<br/>com 10 cm espessura armado<br/>com tela de aço</b> |                      |
|  | <b>MATERIAL - R\$/M2</b>  | <b>M.O. - R\$/M2</b> |
|  | 33,84   | 9,00                 |
|  | <b>42,84</b>  |                      |



UnB



## SISTEMAS DE MEMBRANA DE POLIURÉIA

| Tratamento da superfície | Hidrolavagem      |               | Fresagem          |               | Lapidação do concreto 2 mm |               |
|--------------------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|----------------------------|---------------|
|                          | MATERIAL - R\$/M2 | M.O. - R\$/M2 | MATERIAL - R\$/M2 | M.O. - R\$/M2 | MATERIAL - R\$/M2          | M.O. - R\$/M2 |
|                          | 0,01              | 5,00          | 1,00              | 6,00          | 3,00                       | 12,00         |
|                          | 5,01              |               | 7,00              |               | 15,00                      |               |

| Camada de regularização | Laje já executada em Concreto polido com queda para os coletores |               | Argamassa 1:3 espessura média 6 cm |               | Argamassa 1:3 espessura média 8 cm |               | Argamassa 1:3 espessura média 10 cm |               |
|-------------------------|--|---------------|------------------------------------|---------------|------------------------------------|---------------|-------------------------------------|---------------|
|                         | MATERIAL - R\$/M2  | M.O. - R\$/M2 | MATERIAL - R\$/M2                  | M.O. - R\$/M2 | MATERIAL - R\$/M2                  | M.O. - R\$/M2 | MATERIAL - R\$/M3                   | M.O. - R\$/M3 |
|                         | 10,00  | 3,00          | 16,20                              | 12,00         | 21,60                              | 12,00         | 27,00                               | 12,00         |
|                         | 13,00  |               | 28,20                              |               | 33,60                              |               | 39,00                               |               |



UnB



## SISTEMAS DE MEMBRANA DE POLIURÉIA

|                     |  |               |
|---------------------|--|---------------|
| Camada de Aderência | Ponte de aderência em resina acrílica base epóxi |               |
|                     | MATERIAL - R\$/M2                                | M.O. - R\$/M2 |
|                     | 6,25   | 3,00          |
|                     | 9,25   |               |

|                          |   |               |  |               |   |               |  |               |
|--------------------------|---|---------------|--|---------------|---|---------------|--|---------------|
| Camada impermeabilizante | Membrana de Poliuréia Híbrida - 2,0 kg/m2 |               | Membrana de Poliuréia Pura - 2,0 kg/m2 |               | Membrana de Poliuréia Híbrida - 3,0 kg/m2 |               | Membrana de Poliuréia Pura - 3,0 kg/m2 |               |
|                          | MATERIAL - R\$/M2                         | M.O. - R\$/M2 | MATERIAL - R\$/M2                      | M.O. - R\$/M2 | MATERIAL - R\$/M2                         | M.O. - R\$/M2 | MATERIAL - R\$/M2                      | M.O. - R\$/M2 |
|                          | 53,13                                     | 35,00         | 62,50                                  | 35,00         | 79,69                                     | 35,00         | 93,75                                  | 35,00         |
|                          | 88,13                                     |               | 97,50                                  |               | 114,69                                    |               | 128,75                                 |               |



UnB



## SISTEMAS DE MEMBRANA DE POLIURÉIA

|                            |                          |                      |
|----------------------------|--------------------------|----------------------|
| <b>Camada Amortecedora</b> | <b>Nenhuma</b>           |                      |
|                            | <b>MATERIAL - R\$/M2</b> | <b>M.O. - R\$/M2</b> |
|                            | <b>0,00</b>              | <b>0,00</b>          |
|                            | <b>0,00</b>              |                      |

|                          |                          |                      |
|--------------------------|--------------------------|----------------------|
| <b>Camada Separadora</b> | <b>Nenhuma</b>           |                      |
|                          | <b>MATERIAL - R\$/M2</b> | <b>M.O. - R\$/M2</b> |
|                          | <b>0,00</b>              | <b>0,00</b>          |
|                          | <b>0,00</b>              |                      |

|                                    |                          |                      |
|------------------------------------|--------------------------|----------------------|
| <b>Camada de Proteção Mecânica</b> | <b>Nenhuma</b>           |                      |
|                                    | <b>MATERIAL - R\$/M2</b> | <b>M.O. - R\$/M2</b> |
|                                    | <b>0,00</b>              | <b>0,00</b>          |
|                                    | <b>0,00</b>              |                      |

## COMPARATIVO

### SISTEMAS IMPERMEABILIZANTES BASE ASFÁLTICA

|                             | VALORES MÍNIMOS | VALORES MÁXIMOS | SITUAÇÃO MAIS COMUM | RECOMENDAÇÃO DO AUTOR |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|---------------------|-----------------------|
| Tratamento da superfície    | 0,00            | 7,00            | 5,01                | 5,01                  |
| Camada de Aderência         | 0,00            | 3,50            | 3,50                | 3,50                  |
| Camada de regularização     | 28,20           | 28,20           | 33,60               | 33,60                 |
| Camada impermeabilizante    | 36,98           | 94,28           | 48,98               | 94,28                 |
| Camada Amortecedora         | 7,00            | 11,20           | 7,00                | 7,00                  |
| Camada Separadora           | 1,50            | 7,00            | 1,50                | 1,50                  |
| Camada de Proteção Mecânica | 42,84           | 42,84           | 42,84               | 42,84                 |
| <b>TOTAL R\$/M2</b>         | <b>116,52</b>   | <b>194,02</b>   | <b>142,44</b>       | <b>187,73</b>         |

## COMPARATIVO

### SISTEMAS DE MEMBRANA DE POLIURÉIA

|                             | VALORES MÍNIMOS | VALORES MÁXIMOS | SITUAÇÃO MAIS COMUM | RECOMENDAÇÃO DO AUTOR |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|---------------------|-----------------------|
| Tratamento da superfície    | 5,01            | 15,00           | 15,00               | 15,00                 |
| Camada de regularização     | 13,00           | 39,00           | 13,00               | 13,00                 |
| Camada de Aderência         | 9,25            | 9,25            | 9,25                | 9,25                  |
| Camada impermeabilizante    | 88,13           | 128,75          | 97,50               | 128,75                |
| Camada Amortecedora         | 0,00            | 0,00            | 0,00                | 0,00                  |
| Camada Separadora           | 0,00            | 0,00            | 0,00                | 0,00                  |
| Camada de Proteção Mecânica | 0,00            | 0,00            | 0,00                | 0,00                  |
| <b>TOTAL R\$/M2</b>         | <b>115,39</b>   | <b>192,00</b>   | <b>134,75</b>       | <b>166,00</b>         |

## COMPARATIVO

|                     | VALORES MÍNIMOS | VALORES MÁXIMOS | SITUAÇÃO MAIS COMUM | RECOMENDAÇÃO DO AUTOR |
|---------------------|-----------------|-----------------|---------------------|-----------------------|
| DIFERENÇA EM R\$/M2 | (1,14)          | (2,02)          | (7,69)              | (21,73)               |
| DIFERENÇA EM %      | -1,0%           | -1,1%           | -5,7%               | -13,1%                |

Sob a ótica executiva, o fluxograma executivo com o sistema asfáltico envolve uma quantidade muito maior de processos, tempos de espera (curas de materiais), perdas inerentes, perdas indiretas (frete de insumos, transportes internos e externos), liberação de energia humana e não humana, além da questão da durabilidade e da manutenção.

Sob o ponto de vista das propriedades técnicas, temos o quadro a seguir:

## QUADRO COMPARATIVO DE PROPRIEDADES FÍSICAS DE SISTEMAS IMPERMEABILIZANTES

| ENSAIO  | UNIDADE | ENSAIO         | NORMA DE POLIURETANOS<br>NBR<br>15487:2007 | NORMA DE POLIURÉIA -<br>SSP 45    | SISTEMA DE POLIURÉIA<br>(ENSAIOS<br>CONCREMAT-<br>JUL 2013) | SISTEMA<br>POLIURETANO<br>(CATÁLOGO) | MANTA<br>ASFALTICA<br>4MM | MANTA DE<br>PVC -<br>(CATÁLOGO) | MEMBRANA<br>DE ACRÍLICO<br>ESTRUTURADA<br>(CATÁLOGO) |
|---|---------|----------------|--|-----------------------------------|---|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|--|
| RESISTÊNCIA À TRAÇÃO  | MPa     | NBR<br>7462    | 2,0  | MÍNIMO 10,2<br>Mpa                | 10,5  | 3                                    | 0,2                       | 16                              | 2,1  |
| ALONGAMENTO NA RUPTURA  | %       | NBR<br>7462    | 50   | MINIMO DE<br>100% em<br>concretos | 789%  | 600-700%                             | 30                        | 50%                             | 140%   |
| DEFORMAÇÃO PERMANENTE   | %       | NBR<br>10025   | MÁXIMO DE<br>30%                           | NÃO<br>MENCIONADO                 | 15  | ND                                   | ND                        | ND                              | ND   |
| RESISTÊNCIA AO RASGO  | kN/m    | ASTM-<br>D624  | 2,0  | MÍNIMO 43<br>kN/m                 | 58  | ND                                   | 0,12                      | 42                              | ND   |
| FLEXIBILIDADE A BAIXA<br>TEMPERATURA (-5C)                                | -       | NBR<br>9952    | DEVE ATENDER                               | NÃO<br>MENCIONADO                 | ATENDE  | ATENDE                               | ATENDE                    | ATENDE                          | ND   |
| DUREZA SHORE A  | -       | NBR<br>7456    | 60-90                                      | MÍNIMO 75 A                       | 80  | 50-60                                | ND                        | ND                              | ND   |
| ESCORRIMENTO (120C)   | -       | NBR<br>9952    | DEVE ATENDER                               | NÃO<br>MENCIONADO                 | ATENDE  | ND                                   | ESCORRE COM<br>95C        | ATENDE                          | ND   |
| TRAÇÃO E ALONGAMENTO APÓS<br>INTEMPERISMO - 500 h                         | %       | ASTM G-<br>154 | 25%  | NÃO PODE<br>PERDER 50%<br>DE SUAS | >400%   | ATENDE                               | ND                        | > 75%                           | ND   |
| FLEXIBILIDADE (5C) APOS<br>ENVELHECIMENTO ACELERADO<br>(4 SEMANAS A 80 C) | -       | NBR<br>9952    | DEVE ATENDER                               |                                   | ATENDE  | ATENDE                               | ND                        | ND                              | ND   |
| DETERMINAÇÃO DE RESISTÊNCIA<br>DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO<br>MÍNIMA            | MPa     | NBR<br>13528   | 0,3  | MAIOR QUE<br>2,0                  | 2,2   | 2,75                                 | ND                        | ND                              | ND   |
| ABSORÇÃO DE ÁGUA  | %       | NBR<br>13321   | NÃO<br>MENCIONADO                          | NÃO<br>MENCIONADO                 | 0%  | ND                                   | MAX DE 1,5%               | 0%                              | 13,50%   |

# CONCLUSÕES



UnB



# CONCLUSÕES

Os sistemas elastoméricos moldados em loco, tem apresentado um crescimento contínuo e acelerado sobre os sistemas asfálticos tradicionais.

Um maior número de projetistas, especificadores, e construtores têm buscado essa inovação, tendo em vista o tripé técnico, executivo e financeiro.

# CONCLUSÕES

As membranas de Poliuréia apresentam custos hoje compatíveis, e em diversas situações, inferiores aos custos dos sistemas asfálticos tradicionais.

A tendência atual do mercado da construção civil, deve ser a ampliação e diversificação da utilização dos sistemas elastoméricos moldados em loco, como as membranas de poliuréia.

# CONCLUSÕES

A Norma Brasileira regulatória desse sistema impermeabilizante deverá contribuir para esse crescimento na medida que auxiliará projetistas, aplicadores, formuladores, fabricantes e consumidores nessa cadeia produtiva.

# REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **Standard Test Methods for Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers - Tension (D412 – 06a)**. ASTM, West Conshohocken, 2013.

\_\_\_\_\_. **Standard Practice for Operating Fluorescent Ultraviolet (UV) Lamp Apparatus for Exposure of Nonmetallic Materials (G154 – 12a)**. ASTM, West Conshohocken, 2012.

\_\_\_\_\_. **Standard Test Method for Rubber Property—Durometer Hardness (D2240 – 05)**. ASTM, West Conshohocken, 2010.

\_\_\_\_\_. **Standard Test Method for Tear Strength of Conventional Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers<sup>1</sup> (D624 – 00)**. ASTM, West Conshohocken, 2012.

\_\_\_\_\_. **Standard Test Method for Abrasion Resistance of Organic Coatings by the Taber Abraser (D4060 – 10)**. ASTM, West Conshohocken, 2010.

# REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11797: Mantas de etileno-propileno-dieno-monômero (EPDM) para impermeabilização.** Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

\_\_\_\_\_. **NBR 11905: Sistema de impermeabilização composto por cimento impermeabilizante e polímeros.** Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

\_\_\_\_\_. **NBR 12171: Aderência aplicável em sistema de impermeabilização composto por cimento impermeabilizante e polímeros.** Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

\_\_\_\_\_. **NBR 13121: Asfalto elastomérico para impermeabilização.** Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

\_\_\_\_\_. **NBR 13321: Membrana acrílica com armadura para impermeabilização.** Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

\_\_\_\_\_. **NBR 13724: Membrana asfáltica para impermeabilização, moldada no local, com estruturantes.** Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

\_\_\_\_\_. **NBR 15352: Mantas termoplásticas de polietileno de alta densidade (PEAD) e de polietileno linear (PEBDL) para impermeabilização.** Rio de Janeiro: ABNT, 2006

# REFERÊNCIAS

- \_\_\_\_\_. **NBR 15414: Membrana de poliuretano com asfalto para impermeabilização.** Rio de Janeiro: ABNT, 2006.
- \_\_\_\_\_. **NBR 9229: Mantas de butil para impermeabilização.** Rio de Janeiro: ABNT, 1986.
- \_\_\_\_\_. **NBR 9396: Elastômeros em solução para impermeabilização.** Rio de Janeiro: ABNT, 2007.
- \_\_\_\_\_. **NBR 9574: Execução de impermeabilização.** Rio de Janeiro: ABNT, 2008.
- \_\_\_\_\_. **NBR 9575: Impermeabilização - Seleção e projeto.** Rio de Janeiro: ABNT, 2010.
- \_\_\_\_\_. **NBR 9685: Emulsão asfáltica para impermeabilização.** Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- \_\_\_\_\_. **NBR 9686: Solução e emulsão asfálticas empregadas como material de imprimação na impermeabilização.** Rio de Janeiro: ABNT, 2006.
- \_\_\_\_\_. **NBR 9690: Mantas de polímeros para impermeabilização (PVC).** Rio de Janeiro: ABNT, 2007.
- \_\_\_\_\_. **NBR 9910: Asfaltos modificados para impermeabilização sem adição de polímeros - Características de desempenho.** Rio de Janeiro: ABNT, 2002.
- \_\_\_\_\_. **NBR 9952: Manta asfáltica com armadura para impermeabilização - Requisitos e métodos de ensaio.** Rio de Janeiro: ABNT, 2007

# REFERÊNCIAS

PRIMEAUX, Dudley J. II; HANSON, LEE; Scott, Ray V.; **The True Polyurea Spray Elastomer Story: Chemistry, Advances and Applications** "Apresentação no Encontro da Associação de Formuladores de Resinas Termofixas no Hyatt Regency Montreal em Montreal, Quebec, Canada; Setembro - 2006.

TAKAGI, E. M.; ALMEIDA JUNIOR, W. **Utilização de tecnologias de injeção para o aumento da durabilidade das estruturas de concreto armado.** São Paulo: IBRACON, 2002.

OLIVEIRA, P. S.; **Engenharia de Polímeros – PU e Poliuréia.** Apostila – Qualificação profissional em projetos e consultoria de impermeabilização. São Paulo:PINI, 2004.

BAUER, Elton; GRANATO, José Eduardo; VASCONCELOS, Paulo H; IBRACON - MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL, CAP 41 **Sistemas de Impermeabilização e Isolamento Térmico.** São Paulo, IBRACON, 2007.

VILAR, Walter - **Química e Tecnologia de Poliuretanos,** 3a Ed., Vilar Consultoria, Rio de Janeiro, Dez/2004.



# REFERÊNCIAS

ISHMAEL, Tripp; MOON, Neil; BLOSSER, Catherine; **Low Pressure Applied Polyurea – The Next Generation**; Elastomer Specialties Division - 2012

VASCONCELOS, Paulo Henrique; GRANATO, José Eduardo; CAMPIOTO, Everton; **Impermeabilização De Lajes De Estacionamento De Veículos**; Blog Materiais e Materiais – LEM - UNB, 2012

RAMAN S.N.; NGO T.; LU J.; MENDIS P.; **Experimental Investigation on the Tensile Behavior of Polyurea at High Strain**; Materials and Design; Elsevier; 2013

ROLAND, C.M.; TWIGG J.N.; VU Y.; MOTT, P.H.; **High strain rate mechanical behavior of polyurea**; Polymer, ScienceDirect, 2006

PICCHI, Flávio Augusto; **Impermeabilização de Coberturas**, PINI, 1986

RETO, Maria A. S.; **Poliuretano**; Revista PLASTICO MODERNO; edição 419; Setembro 2009

