

## Impermeabilização de Coberturas com Membrana Termoplástica TPO: Estudo de Caso<sup>1</sup>

MARCELINO BRUNO TRINIDAD<sup>1</sup>

Graduando em Engenharia Civil

Dra. ADELANEIDE GOMES DE LIMA

Dra, Professor da Coordenação de Engenharia Civil

Centro Universitário do Norte "UNINORTE"

Escola Superior de Tecnologia, Coordenação de Engenharia Civil

Manaus - AM

### Resumo:

*As coberturas expostas a intempéries estão sujeitas as patologias como infiltrações, escorrimentos, gotejamentos e outros. Para evitar esses problemas, muitas vezes é necessário impermeabilizar estas superfícies. O presente trabalho foi elaborado, com a proposta de demonstrar através de estudo de caso, a aplicação da Membrana Termoplástica Poliolefina (TPO) com a finalidade de impermeabilizar coberturas, solucionando assim os problemas decorrentes da infiltração através das coberturas de alumínio. A metodologia adotada envolveu pesquisa em livros, dissertações, trabalhos de conclusão, artigos e normas técnicas, sobre impermeabilização e a aplicação do sistema TPO. Com intuito de simular condições reais da aplicação do sistema TPO, deu-se com a construção do protótipo com cobertura de telhas de alumínio trapezoidal com espessura de cinco milímetros e com uma área de quatro metros quadrados no total, posteriormente a aplicação do sistema TPO conforme a norma ASTM D 6878 e por fim, a realização do ensaio de estanqueidade que foi realizada com base na NBR 9575. Os resultados da aplicação do sistema TPO em coberturas permitiu analisar a eficiência da impermeabilização, que se mostrou*

---

<sup>1</sup> Impermeabilization roofs with thermoplastic membrane TPO: case study

*satisfatório. Após a aplicação do sistema foi-se realizado os ensaios de estanqueidade nos dias 08, 10 e 11 no mês de outubro, nestes respectivos dias foram verificados que não houveram perda da lamina d'água no protótipo em nenhum dos dias, assim os ensaios de estanqueidade constaram que a aplicação do sistema TPO atende aos requisitos estabelecidos pelas normas vigentes. Assim sendo, o presente trabalho servi de metodologia para estudos futuros e para aplicação da impermeabilização com a membrana termoplástica poliolefina em coberturas com telhas de alumínio. Recomenda-se que em estudos futuros sejam realizados os ensaios termodinâmico, acústico e durabilidade que não foram apresentados neste trabalho, no intuito de averiguar o comportamento do material aplicado em cobertura.*

**Palavras-chave:** Termoplástica. Impermeabilização. Estanqueidade.

**Abstract:**

*Weatherproof coverings are subject to pathologies such as infiltration, runoff, dripping and other. To avoid these problems, it is often necessary to waterproof these surfaces. The present work was elaborated, with the proposal to demonstrate through a case study, the application of the Polyolefin Thermoplastic Membrane (TPO) with the purpose of waterproofing coverings, thus solving the problems arising from the infiltration through the aluminum coverings. The methodology adopted involved research in books, dissertations, conclusion papers, articles and technical standards, on waterproofing and the application of the TPO system. In order to simulate real conditions of the application of the TPO system, the prototype was constructed with trapezoidal aluminum roofs with a thickness of five millimeters and an area of four square meters in total, after which the TPO system was applied The ASTM D 6878 standard and finally, the performance of the leakproofness test that was carried out based on NBR 9575. The results of the application of the TPO system in roofs allowed to analyze the efficiency of the waterproofing, which proved to be satisfactory. After the application of the system, the waterproofing tests were carried out on days 08, 10 and 11 in October, on these respective days, it was verified that there was no loss of water sheet in the prototype in any of the days, so the tests of That the application of the TPO system meets the requirements established by current regulations. Thus, the present work served as a methodology for future*

*studies and for the application of waterproofing with the thermoplastic polyolefin membrane in roofs with aluminum tiles. It is recommended that in future studies the thermodynamic, acoustic and durability tests that were not presented in this work should be performed, in order to ascertain the behavior of the material applied in the cover.*

**Key words:** Thermoplastic. Waterproofing. Tightness.

## 1. INTRODUÇÃO

A impermeabilização é definida como sendo uma metodologia adotada através do uso de sistemas impermeáveis, com o objetivo de proteger as construções contra infiltração de natureza diversas, evitando que tais agentes agressores destruam o local a ser protegido.

Para Venturi (2004), coberturas são lugares sensíveis ao acúmulo de águas pluviais e estão especialmente sujeitas a patologias como infiltrações, escorrimentos, gotejamentos e outros. Para evitar esses problemas, muitas vezes é necessário impermeabilizar estas superfícies.

Atualmente, existem, pelo menos, seis fabricantes de membrana termoplástica para telhado TPO nos Estados Unidos da América, bem como vários comerciantes e no Brasil quatro representantes do sistema que são ligados diretamente com os fabricantes nos Estados Unidos da América.

Sendo assim, o sistema de membranas é o segmento que mais cresce no mercado de telhados comerciais e industriais ao redor do mundo. Neste setor, podemos destacar as membranas de TPO, um termoplástico de poliolefinas que é instalado em telhados existentes ou, como próprio telhado, sobre um deque de metal, OSB ou qualquer outro material.

Segundo o Manual Técnico (VEDACIT, 3ª edição, p.11), nos dias atuais, o mercado brasileiro conta com diversos fabricantes de produtos impermeabilizantes, desenvolvidos especialmente para evitar a ação indesejada da água. Com o

auxílio de tais produtos, a impermeabilização deixa de ser um fantasma na construção civil, e passa a representar uma pequena fração do custo e do volume de uma obra, quando planejada previamente.

Assim sendo houve um desenvolvimento dos produtos à base de TPO ao longo da história, primeiramente foram utilizados em várias aplicações, incluindo a indústria automível desde os anos 1980, e têm visto a sua utilização continua a expandir-se. Em 1989, a membrana à base de TPO mudou-se para a indústria de coberturas como uma folha não reforçada. Em 1993, a membrana não reforçada inicial TPO foi substituída com membranas contendo tecido de reforço. Desde essa altura, o mercado de coberturas de single-ply TPO tem crescido a centenas de milhões de pés quadrados por ano com a membrana TPO que compreende o segmento que mais cresce da indústria de coberturas de single-ply nos EUA.

Neste contexto, este artigo propõe-se a mostrar os resultados de análise da eficiência da membrana termoplástica TPO, utilizando como estudo de caso, sua aplicação em campo num protótipo com cobertura de quatro metros quadrados que está localizado na Escola Superior de Tecnologia – EST com a realização da análise de estanqueidade.

## **2. OBJETIVO**

Construir um protótipo com a instalação do sistema de impermeabilização TPO e analisar a estanqueidade do sistema TPO aplicada no protótipo descrito.

## **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

O trabalho foi iniciado com a pesquisa em livros, dissertações, trabalhos de conclusão e artigos, sobre impermeabilização e a aplicação de seus sistemas. A revisão de literatura, que também engloba normas técnicas referentes à impermeabilização,

coberturas e ensaios de estanqueidade, guiará a realização do protótipo da cobertura a ser estudada.

É utilizado no sistema TPO telhas metálicas trapezoidais em aço galvanizado, ISO 95+ e membrana TPO. As telhas metálicas trapezoidais em aço galvanizado de perfil trapezoidal com altura de 40 mm, largura útil de 980 mm, espessura mínima de 0,65 mm. Tem como função servir como base estrutural do sistema.

O ISO 95+ GL consiste em um núcleo de espuma poliisocianurato (PIR) de célula fechada revestida em ambos os lados para um copo preto reforçado facear esteira de aproximadamente 150 g / m<sup>2</sup>, tecnologia de espuma Firestone incorpora um agente de expansão livre de HCFC que não contribuem para a destruição da camada de ozônio da Terra (free-ODP). Firestone ISO 95 + GL contém entre 29 e 52% de material reciclado, dependendo da espessura da placa.

A membrana de TPO tem sua composição similar à de PVC. Mediante à processos com elevada contenção energética, o polipropileno se modifica e se flexibiliza com a inserção de etileno. Deste modo se obtém um material dotado de elevada resistência, flexibilidade e trabalhabilidade.

Para o estudo dos efeitos da aplicação da membrana termoplástica TPO e do ensaio de estanqueidade, foi aderida como protótipo uma cobertura de quatro metros quadrados que está localizada nas resistências Escola Superior de Tecnologia – EST, no município de Manaus no Amazonas.

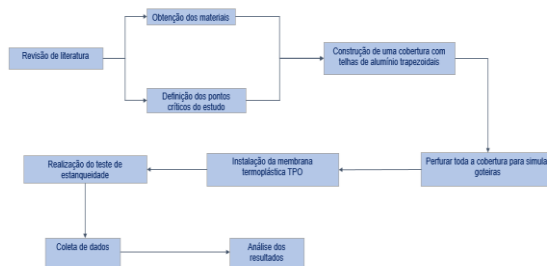
As normas técnicas que serão seguidas para o ensaio mencionado são:

- ASTM D 6878 - Standard Specification for Thermoplastic Polyolefin Based Sheet Roofing.
- NBR 9574: Execução de impermeabilização
- NBR 9575- Impermeabilização - Seleção e Projeto
- ABNT NBR 15575-5 - Edificações habitacionais — Desempenho

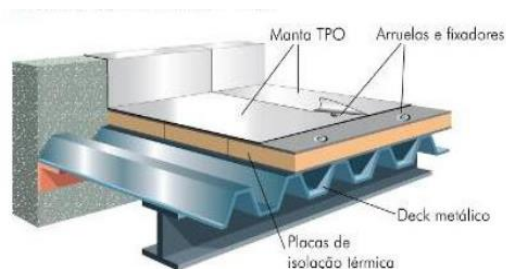
- ABNT NBR 9690, Impermeabilização – Mantas de cloreto de poliamida (PVC)
- ABNT NBR 11797, Mantas de etileno-propileno-dieno monômero (EPDM) para impermeabilização.
- NBR 9952: Manta asfáltica para impermeabilização.

A sequência de procedimentos adotados na pesquisa é apresentada no fluxograma abaixo:

### Fluxograma 1: Metodologia da pesquisa



O processo de instalação do sistema TPO se inicia com o ISO 95+ que são instaladas utilizando prendedores mecânicos que serão colocadas ao longo da borda da folha e fixadas através da membrana para o convés de telhado (Figura 1). Folhas adjacentes de membrana TPO são sobrepostos, abrangendo os elementos de fixação das placas, e juntou-se juntamente com a solda de ar ampla quente. (CASTRO, 2010)



**Figura 1: Modelo do sistema TPO**

Fonte: Firestone, (2018)

## **4. REVISÃO DE LITERATURA**

### **4.1. Tipos de Impermeabilização**

Existem três sistemas básicos de impermeabilização:

- Sistema rígido: é composto de componentes químico sem adição de polímeros, como os assaltos oxidados, este tipo de impermeabilizante pode ser aplicado como impermeabilização definitiva em: vigas de baldrame, estacas, alicerces, metais, madeiras e em concreto ou alvenaria em contato com o solo.
- Sistema semi-flexível: constituído em materiais rígidos associados posteriormente com polímeros, como argamassa cimentícia mais resina acrílica, o seu uso é em reservatórios e canalizações de água ou soluções aquosas não agressivas, em pisos e paredes em contato com a umidade do solo.
- Sistema flexível: são produtos químicos com incorporação de polímeros, como a manta asfáltica e o sistema termo termoplástico TPO a ser estudado, este são aplicados em lajes, pilares, baldramas, vigas e coberturas.

### **4.2. Sistemas de Impermeabilização**

A NBR 9575 (2010) define os sistemas de impermeabilização como um “conjunto de produtos e serviços dispostos em camadas ordenadas, destinado a conferir estanqueidade a uma construção”.

Segundo Venturi (2014), quando é necessário impermeabilizar a cobertura, é necessário certificar se o material especificado é o mais adequado para a edificação. Lajes menores e mais “recortadas”, por exemplo, pedem impermeabilizantes diferentes daqueles usados em lajes amplas.

Para Tamaki (2010), em lajes menores costuma-se utilizar as manta e membranas asfáltica e resinas acrílicas.

Quando se trata de lajes maiores, além da praticidade, a produtividade é importante. Por isso, a manta asfáltica é o material mais empregado.

Em 2010, com a publicação atualizada da NBR 9575 (2010), “Impermeabilização: Seleção e projeto”, a nomenclatura dos sistemas de impermeabilização mudou. Em vez da separação entre rígidos e flexíveis, os sistemas passaram a ser classificados de acordo com o seu componente principal: cimentício, asfáltico ou polimérico.

A recente mudança causa certa confusão entre as demais normas que ainda não foram atualizadas. Cichinelli (2013) lembra que o termo “impermeabilização rígida” ainda persiste na NBR 9574, “Execução de Impermeabilização”, mas a revisão do texto de 2007 deverá corrigir essa distorção.

#### **4.3. Manta termoplástica de poliolefina - TPO**

Membrana poliolefina termoplástica é baseada em polímeros definidos pela ASTM D 5538, Prática para Elastômeros Termoplásticos - Terminologia e Abreviações. Um elastômero termoplástico é uma família diversificada de materiais de borracha, como que, ao contrário de borrachas termo fixas convencionais, podem ser reprocessadas e recicladas como materiais termoplásticos. Poliolefinas termoplásticas estão na família do elastômero termoplástico e são comumente referidos como TPO na indústria de impermeabilização de coberturas.

Segundo Ferreira (2014), a manta termoplástica de poliolefina (TPO) é uma membrana flexível indicada principalmente para impermeabilização de coberturas de prédios comerciais, fábricas, shoppings, galpões, entre outros. É fabricada em duas camadas, por extrusão, com reforço de malha de poliéster entre as camadas, e tem grande resistência a rasgos, perfurações, bactérias, raios solares e ações climáticas.

As maiores vantagens são a alta produtividade e a agilidade na execução, sendo possível instalar de oito a 12 rolos por dia. Além disso, a tecnologia pode dispensar a execução de



camada de regularização e pode ser aplicada diretamente sobre o material da cobertura.

Por se tratar de um material relativamente novo no Brasil, a manta TPO ainda não possui uma norma brasileira que regulamenta seu uso. Empresas que utilizam esse material, utilizam como referência publicações da ASTM (American Society for Testing and Materials).

#### **4.3.1. TPO Composição**

A membrana de cobertura TPO é tipicamente baseada em polipropileno e EP (etileno-propileno) de borracha polimerizada em conjunto, utilizando a tecnologia de fabricação do polímero state-of-the-art.. Esta tecnologia permite a produção de membranas de TPO que são flexíveis a temperaturas baixas, sem o uso de plastificantes poliméricos ou líquidos. Ao contrário de algumas outras membranas de termoplásticos conhecidos, o polímero de TPO não contém cloro durante a produção da folha. Esta falta de cloro tem permitido comerciantes TPO a tout sua membrana como um produto "verde" ambientalmente segura (OBER, 2015).

A resina TPO é combinada com outros componentes, incluindo um pacote de intempérie, retardadores de fogo e pigmentos de cor para criar um produto que pode suportar os elementos associados com a exposição na cobertura. A membrana é composta por camadas superior e inferior com base TPO encapsula-ting um tecido de reforço que melhora as propriedades físicas da folha (TRINIDAD, 2018).

A combinação de tecido e TPO lonas fornecer membranas reforçadas com rotura elevada e força de rasgo e resistência à perfuração. Larguras de folha estão disponíveis até 3,66 m (12 pés) e espessura da membrana é tipicamente de 1,1 ou 1,5 mm (0,045 e 0,060 pol.). No entanto, a membrana até 2,0 mm (0,080 pol.).

#### **4.3.2. Tipos de instalação / System**

Membrana para telhado a TPO é normalmente instalada utilizando prendedores mecânicos e as placas colocadas ao longo da borda da folha sendo fixados através da membrana e para o convés de telhado. Folhas adjacentes de membrana TPO são sobrepostos, abrangendo os elementos de fixação e placas, e juntou-se juntamente com a 40 mm no mínimo (1 1/2 in.) de solda de ar ampla quente (OBER, 2018).

No campo do telhado, o espaçamento entre a largura da membrana e fixador adequado é determinada depois de calcular cargas Uplift potenciais com base na construção em altura, terreno circundante e a zona de vento em que o edifício está localizado. A combinação convés fixador deve apresentar resistência de pull-out adequada para suportar a carga fixadora gerada durante o levantamento. A costura soldada da membrana também deve resistir às forças geradas pelo vento de sucção. A capacidade de um sistema de fixação mecânica para suportar estas forças é tipicamente avaliada utilizando uma 3,7 x 7,3 m (12 pés x 24 pés) elevar a mesa onde o sistema pode ser pressurizado até à ruptura. Ao longo do perímetro do telhado, onde as maiores cargas de vento são experientes, reduzida largura de membrana (40 a 60 por cento da largura da folha de campo) é instalada para reduzir o fixador e costura de carregamento.

A membrana pode também ser completamente aderida a um material de isolamento ou convés usando um adesivo. Isolamento é tipicamente fixado à plataforma com fixadores mecânicos e a membrana TPO é aderida ao isolamento. Este tipo de sistema é altamente resistente ao vento e suas forças soerguimento associados.

Uma vez que a folha é afixada 100 por cento para o substrato, a membrana não vibrar devido a forças de vento associados. Com nenhum movimento folha, devido à ligação 100 por cento da membrana, o sistema totalmente aderido é ideal

para telhados muito visíveis, tais como cúpulas ou outras aplicações de alta inclinação.

### **4.3.3. A Soldabilidade**

Um dos principais benefícios da membrana TPO é a capacidade de fundir as folhas umas às outras com uma soldadura de ar quente. O processo de soldadura resulta numa ligação que é na verdade mais forte do que a própria folha. Detalhes que piscam como saídas de ar, tubulações e cantos parapeito também são concluídas com soldaduras de ar quente e material de piscar (tipicamente não reforçado).

Quando devidamente composta, a membrana TPO tem uma ampla janela de soldabilidade, permitindo que o aplicador de coberturas para completar soldaduras de ar quente de forma consistente em uma ampla gama de temperaturas. Uma vez que a integridade da solda é crítica para o desempenho do sistema de cobertura, é imperativo que as soldaduras da membrana se adeque para uma ampla gama de temperaturas ambiente (OLIVEIRA, 2015).

A membrana TPO pode ser soldado em velocidades de até 80 mm / s (16 pés / min) usando um soldador de ar quente automotora, no entanto, velocidades ideais de soldagem são de 60 a 70 mm / s (12 a 14 pés / min) com a temperatura do ar no bico de soldadura em cerca de 540° C (1000° F). O TPO é um material termoplástico e não "gruda" no telhado, uma vez instalado. Isso permite que a folha a ser reparada com a preparação da superfície após a exposição no piso superior.

### **4.3.4. Tecnologia folha larga**

Outro benefício que membranas TPO trouxeram para a comunidade coberturas é largas folhas de largura. Atualmente, a membrana TPO está disponível no mercado em larguras de até 3,66 m (12 ft).

Estas folhas mais largas proporcionam instalar uma economia de custos, reduzindo o número total de costuras para

ser concluída no campo e no trabalho associado com o processo / solda costura, folhas mais amplas também exigem menos parafusos e placas para fixação da membrana.

#### **4.3.5. Propriedades físicas**

A especificação ASTM para membranas TPO descreve uma variedade de propriedades físicas e os seus requisitos mínimos de desempenho. Essas propriedades incluem espessura superior ply sobre scrim, alongamento, resistência à ruptura, força rasgando, alteração dimensional linear, resistência às intempéries e uma miríade de outros. (THOMAS, 2014)

Estabelecer esses requisitos mínimos irá fornecer uma orientação para fabricantes de chapas e ajudará a garantir membrana TPO produzido sob esta especificação fornece desempenho na cobertura de longo prazo.

Espessura da camada de revestimento superior sobre o tecido forte é um elemento muito importante da membrana para telhado e tem um efeito direto na capacidade de uma folha para proporcionar desgaste de longo prazo, a resistência à abrasão e soldabilidade.

A espessura camada superior é medida na intersecção das fibras de reforço. Quebrando e rasgando força também são propriedades críticas desde que cada um tem uma influência direta sobre o desempenho da membrana quando sujeito a forças do vento elevação.

Para avaliar a resistência do tempo de longo prazo, o Weatherometer xenon-arco é especificado. O teste de resistência do tempo xenon-arc expõe amostras de membrana para o efeito combinado de radiação ultravioleta e infravermelha, ozônio, calor e spray de água, para acelerar muito tempo em ambientes externos.

Alguns resultados do teste do tempo membrana termoplástica são publicados em horas de exposição total, mas a norma ASTM TPO especifica exposição radiante total, em quilo joules por metro quadrado (kJ / (m<sup>2</sup> .nm)). A exposição total

radiante é a energia total por unidade de área análoga à luz solar total necessário para a pele queimaduras solares (TAMMY, 2014).

A irradiação é a intensidade da luz solar medido em unidades de energia (Watt) por unidade de área. Uma vez que a irradiação pode ser definida de forma independente em cada Weatherometer arco xenon, especificando a exposição radiante total e não o número total de horas reduz a confusão.

A norma ASTM TPO contornos acelerados testes de envelhecimento que contêm algumas das condições mais graves de todos os materiais de cobertura single-ply. Teste de arco de xénon para as membranas de TPO (por ASTM G 151 , prática para expor materiais não metálicos em dispositivos de teste acelerado que uso em laboratório Fontes de Luz e G 155 , prática para Operating Xenon Arc Luz Aparelho para exposição de materiais não metálicos) deve ser realizado no a temperatura do painel negro de 80° C (176° F) com as amostras expostas a 5.040 kJ / (m<sup>2</sup> .nm) a 340 nm antes da remoção e inspeção.

Após a exposição de xénon de arco, as amostras são inspecionadas sob um microscópio em 7X ampliação para procurar rachaduras ou fissuras. Teste de propriedade física também é especificado para TPO após a exposição dentro da câmara de arco xénon

Rotura e alongamento não pode cair abaixo de 90 por cento do valor gerado com material unaged. Nenhuma outra especificação ASTM para as membranas single-ply requer um arco de xénon maior especificado Weatherometer temperatura do painel preto.

Como esperado, a mais elevada a temperatura do painel preto, o mais severo teste. A "regra do polegar" comum usado com o teste de arco de xénon é que a gravidade do compon/ente de envelhecimento térmico é duplicada para cada aumento de 10°C na temperatura do painel preto.

Calor-envelhecimento (ASTM D 573 , método de ensaio para Rubber-Deterioração em um forno de ar) é outro teste utilizado para acelerar o desgaste ao ar livre, e sem outra especificação ASTM para membranas single-ply utiliza uma temperatura mais alta (116° C / 240° F) do que a especificação de TPO.

#### **4.3.6. Reciclabilidade**

A membrana TPO, reforçada e não reforçada, reciclável é 100 por cento durante o processo de produção. Durante a produção, em caso de necessidade, a membrana pode ser moída em "retrabalho", e este material reciclado pode ser incorporada na camada inferior durante o processo de extrusão para produzir novo produto TPO. Este processo resulta em 100 por cento de reutilização de produto reciclado (TRINIDAD, 2018).

#### **4.3.7. Refletividade**

Outra característica importante da membrana TPO é o seu elevado grau de refletividade. Devido a isso, as membranas TPO brancas podem satisfazer e até exceder substancialmente os níveis de desempenho ENERGY STAR da Agência de os EUA Proteção Ambiental.

Essas marcas ENERGY STAR que foram postados em refrigeradores, aquecedores de água e outros aparelhos por anos agora pode ser visto em rolos de membrana TPO branco. Membranas Brancas TPO tipicamente exibir avaliações de refletividade na gama alta de 80 por cento quando novos (especificações ENERGY STAR requerem percentual mínimo de 65) e na gama baixa de 80 por cento após a exposição na cobertura de três anos com a limpeza (especificações ENERGY STAR requerem percentual mínimo de 50).

Membranas de TPO são altamente resistentes ao crescimento de algas e molde, o que pode degradar a refletividade total do telhado e reduz a economia de energia prevista.

#### **4.4. Teste de Estanqueidade**

A estanqueidade é propriedade de um elemento (ou de um conjunto de componentes) de impedir a penetração ou passagem de fluidos através de si. A sua determinação está associada a uma pressão-limite de utilização (a que se relaciona com as condições de exposição do elemento ao fluido). (NBR 9575, Impermeabilização-Seleção de projeto, 2ª edição, p. 4).

Este ensaio é para a verificação da estanqueidade na impermeabilização, para comprovação de seu limite de resistência à estanqueidade, assim como de emendas executadas tanto no sentido transversal quanto no longitudinal. (Manual Técnico VEDACIT, 3ª edição, p. 51).

Assim sendo, depois de executada a impermeabilização, deve-se comprovar a estanqueidade do sistema. Para isso, vedar os ralos e deixar uma lâmina de água com cerca de 5 cm de altura, no mínimo, por 72 horas e verificar se houve vazamento neste período de tempo.

### **5. ANÁLISE E RESULTADOS**

#### **5.1. Materiais utilizados**

As telhas, ripão de madeira, caibro e pregos foram obtidos da empresa JG Material de Construção, localizada no Bairro Cidade Nova I na cidade de Manaus, são materiais necessários para construção da cobertura que servirá como protótipo para aplicação da membrana termoplástica TPO.

Os componentes que fazem parte do sistema TPO como as placas de isolamento térmica o ISO, as arruelas, fixadores e a manta TPO, foram cedidas pela empresa Procter & Gamble – P&G, localizada no Distrito Industrial de Manaus. No qual foi aplicada a membrana termoplástica TPO nas instalações da empresa (Figura 2).

Os equipamentos como furadeira, secador de ar quente e rolo foram cedidos pela empresa Hall 3 que tem sede na cidade

de São Paulo, e executou o serviço a aplicação da membrana termoplástica TPO na P&G.



**Figura 2: Materiais**

Fonte: Próprio Autor, (2018)

## **5.2. Construção da cobertura**

Foi utilizada na construção da cobertura os seguintes materiais:

- 2 caibros de 2 metros de comprimento cada.
- 3 ripão de 2 metros de comprimento cada
- 2 folhas de telhas de alumínio trapezoidal com dimensões 2,44x1,10 m, e=5 cm.
- 1/2 kg de prego de 1" polegada.

Com isto a construção da cobertura (Figura 3), foi iniciada com a construção da estrutura com os caibros e ripão formando um quadrado de 2x2 m para posteriormente instalar as telhas na estrutura.



**Figura 3: Cobertura**

Fonte: Próprio Autor, (2018)



### **5.3. Instalação da membrana termoplástica TPO**

Para a instalação da membrana termoplástica TPO, foi utilizado duas placas de isolamento térmica ISO e adaptadas conforme as medidas da cobertura que são de 2x2 m (Figura 4). Estas placas têm como função servir como isolante térmico e como base rígida para instalação do TPO.



**Figura 4: Placas de isolamento térmica ISO**

Fonte: Próprio Autor, (2018)

Posteriormente as placas foram fichadas com os fixadores junto a cobertura com a utilização de uma furadeira (Figura 5).



**Figura 5: Fixação das placas**

Fonte: Próprio Autor, (2018)

Com a preparação da base, a aplicação da membrana termoplástica TPO pode ser executada, assim fosta fixada junto a estrutura a membrana com fixadores e supercola, tendo como cuidado na sua instalação a formação de bolhas causadas por colchões de ar entre a membrana e a base (Figura 6). Por este motivo é utilizado um rolo de silicone e passado sob a superfície da membrana para retirar as bolhas (Figura 7).

Por fim, é realizado a soldagem com ar quente entre as duas membranas termoplástica com o secador a vapor junto com a passagem do rolo, tendo como objetivo final a colagem do da membrana. (CASTRO, 2010).



**Figura 6: Aplicação da supercola**

Fonte: Próprio Autor, (2018)



**Figura 7: Execução da soldagem a ar quente**

Fonte: Próprio Autor, (2018)

#### **5.4. Teste de estanqueidade**

Após a instalação do sistema TPO, foi adequado o protótipo para ser realizado o teste de estanqueidade. Primeiramente é realizado furos com auxílio de uma furadeira nas telhas para simular uma cobertura com goteiras e implantado nos furos papel crepom de cor branco, com intuito de identificar futuros vazamentos na realização do teste.

Em seguida, em todo perímetro foi instalado uma estrutura com ripão de 1,0x0,05x0,1 m, tendo como objetivo

utilizar o lado com 10 cm de altura. Pois é necessário criar um protótipo que acumule a água até à lâmina d'água atingir 5 cm de altura de armazenamento, conforme é solicitado na norma NBR 9575 para realizar o teste de estanqueidade (Figura 9).



**Figura 9: Imagem da adequação do protótipo**

Fonte: Próprio Autor, (2018)

Assim sendo, depois de executar a impermeabilização, deve-se comprovar a estanqueidade do sistema. Para isso, é necessário deixar uma lâmina de água com cerca de 5 cm de altura, no mínimo, por 72 horas e verificar se houve vazamento neste período de tempo (Figura 10).

### **5.5. Análise do teste de estanqueidade**

Os dados obtidos no teste de estanqueidade estão descritos na (Tabela 1), sendo que foi realizado a medição da lâmina em 5 pontos distintos que estão demonstrados na (Figura 11) os pontos de medição da lâmina de água. Todo procedimento foi realizado conforme recomendado na NBR 9575.



**Figura 10: Imagem da adequação do protótipo**

Fonte: Próprio Autor, (2018)

Segue resultados:

**Tabela 1**

Dados do teste de estanqueidade

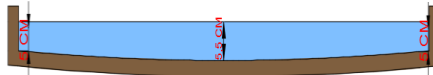
Data	Lâmina d'água P1	Lâmina d'água P2	Lâmina d'água P3	Lâmina d'água P4	Lâmina d'água P5
08/09/18	5 cm	5 cm	5,5 cm	5 cm	5 cm
10/09/18	5 cm	5 cm	5,5 cm	5 cm	5 cm
11/09/18	5 cm	5 cm	5,5 cm	5 cm	5 cm



**Figura 11: Pontos de medição da lâmina de água**

Fonte: Próprio Autor, (2018)

Na (Figura 12), pode-se observa que houve uma pequena flambagem no centro da cobertura, que foi ocasionada pelo peso de 200 litro de água armazenados no protótipo. Podendo assim, explicar a variação no ponto P3 mostrada na (Figura 13).



**Figura 12: Pontos de medição da lâmina de água**

Fonte: Próprio Autor, (2018)



**Figura 13: Imagem da medição dos pontos P3**

Fonte: Próprio Autor, (2018)

## **6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

Este trabalho apresenta a aplicação da membrana termoplástica poliolefina em coberturas. O estudo realizado permitiu analisar a eficiência da impermeabilização utilizada em coberturas, que se mostrou satisfatório, desde aplicada corretamente.

O teste de estanqueidade, constatou que a aplicação da impermeabilização termoplástica poliolefina atende aos requisitos estabelecidos pelas normas vigentes.

Após a realização dos ensaios nos 03 dias foram verificados que não houveram perda da lamina d'água no protótipo em nenhum dos dias e, conforme a NBR 9575 no item 6.2.1 que diz: " A impermeabilização deve ser projetada de modo a evitar a passagem de fluidos e vapores nas construções, pelas partes que requeiram estanqueidade, podendo ser integrados ou não outros sistemas construtivos, desde que observadas normas específicas de desempenho que proporcionem as mesmas condições de estanqueidade".

Assim sendo, este trabalho teve como foco a construção de um protótipo que pudesse simular as condições reais para as considerações relacionadas a membrana termoplástica TPO, no que tange a qualidade da membrana com a realização as infiltrações através do teste de estanqueidade.

Recomenda-se, para estudos futuros, que sejam realizados testes termodinâmico, acústico e de durabilidade que não foram desenvolvidos neste trabalho, a fim de verificar o comportamento do material nas coberturas.

## **REFERÊNCIAS**

1. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D6878 / D6878M-13**: Standard Specification for Thermoplastic Polyolefin Based Sheet Roofing, ASTM

- International, West Conshohocken, PA, 2013. Disponível em: < <https://www.astm.org/Standards/D6878.htm>>. Acesso em: 14 de mai. 2018.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9574**: Execução de impermeabilização. Rio de Janeiro: 2008. Disponível em: < <http://holdflex.com.br/wp-content/uploads/2015/10/NBR-9574-NB-1308-Execucao-de-impermeabilizacaoDESATUALIZADA.pdf>>. Acesso em: 14 de mai. 2018.
  3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575**: Impermeabiliza - Seleção e Projeto. Rio de Janeiro: 2010. Disponível em: < <http://holdflex.com.br/2015/10/15/nbr-9575-2010/>>. Acesso em: 14 de mai. 2018.
  4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9689**: Materiais e Sistemas para a impermeabilização. Rio de Janeiro: 1986. Disponível em: < <http://docslide.com.br/documents/nbr-9689-impermeabilizacao.html>>. Acesso em: 14 de mai. 2018.
  5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-5**: Edificações habitacionais — Desempenho. Rio de Janeiro: 2013. Disponível em: < [http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/normas%20e%20relat%F3rios/NRs/NR%2015575/NBR\\_15575-5\\_2013\\_Final%20Sistemas%20de%20Cobertura.pdf](http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/normas%20e%20relat%F3rios/NRs/NR%2015575/NBR_15575-5_2013_Final%20Sistemas%20de%20Cobertura.pdf)>. Acesso em: 14 de mai. 2018.
  6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9690**: Impermeabilização - mantas de cloreto de polivilina (PVC). Rio de Janeiro: 2007. Disponível em:< <http://docslide.com.br/documents/nbr-09690-1986-mantas-de-polimeros-para-impermeabilizacao-pvc.html>>. Acesso em: 14 de mai. 2018.
  7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11797**: Mantas de etileno-propileno-dieno-monômero (EPDM) para impermeabilização - Especificação. Rio de

- Janeiro: 1992. Disponível em:<  
<http://docs10.minhateca.com.br/379355608,BR,0,0,NBR-11797.pdf>>. Acesso em: 14 de mai. 2018.
8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9952: Manta asfáltica para impermeabilização**. Rio de Janeiro: 2014. Disponível em:<  
<http://docslide.com.br/documents/nbr-9952-manta-asfaltica-com-armadura-para-impermeabilizacao-requisitos-e-metodos-de-ensaio.html>>. Acesso em: 15 de mai. 2018.
9. SIMMONS, T.T., Runyan, D., Liu, K.K.Y., Paroli, R.M., Delgado, A.H and Irwin, J.D., “**Effects of Welding Parameters Roofing Membranes**”, Proceeding of the North American Conference on Roofing Technology, Toronto, ON, Canada, 1999, pp. 56-65. Disponível em:<  
<http://docserver.nrca.net/technical/6856.pdf>>. Acesso em: 08 de jun. 2018.
10. ARANTES, Yara de K. **Uma visão geral sobre impermeabilização na construção civil**. 2007. 67 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2007. Disponível: <  
[http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/monografia\\_Impormeabiliza%E7%E3o.pdf](http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/monografia_Impormeabiliza%E7%E3o.pdf)>. Acesso em: 08 de jun. 2018.
11. BERNHOEFT, Luiz F.; MELHADO, Silvio B. **A importância da presença de especialista em impermeabilização na equipe multi disciplinar de projetos para durabilidade das edificações**. Cinpar - VI Congresso Internacional Sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas, Argentina, 2010. Disponível em:<  
[http://www.edutecne.utn.edu.ar/cinpar\\_2010/Topico%201/CI NPAR%20013.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/cinpar_2010/Topico%201/CI NPAR%20013.pdf)>. Acesso em: 10 de jun 2018.
12. GNOATTO, Eloise Leonora.; NUERNBERG, Jéssica Klemm. **Análise da Utilização de Coberturas do tipo Laje Impermeabilizada Executadas em Pato Branco-PR na Última Década**. 2014. 78p. Monografia (Graduação

- em Engenharia Civil) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná– UTFPR, Pato Branco, 2014. Disponível em:<  
[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4028/1/PB\\_COECI\\_2014\\_2\\_4.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4028/1/PB_COECI_2014_2_4.pdf)>. Acesso em: 10 de jun. 2018.
13. CASTRO, Eduardo M. de Lima. **Sistema de cobertura com Membrana Ultraply TPO Firestone para o Aeroporto Internacional de Carrasco – Uruguai**. 2010. 20p. Congresso Latino-Americano da Construção Metálica, São Paulo, 2010. Disponível em:<  
<http://docplayer.com.br/5476887-Sistema-de-cobertura-com-membrana-ultraply-tpo-firestone-para-o-aeroporto-internacional-de-carrasco-uruguai.html>>. Acesso em: 11 de jun. 2018.
14. CASTRO, Cláudio M. **A Prática da pesquisa**. São Paulo, McGraw-Hill, 1977.
15. PICCHI, Flávio A. **Impermeabilização de coberturas**. São Paulo: Pini: Instituto Brasileiro de Impermeabilização, 1986. Disponível em:<  
<http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17106/material/Impermeabilizacao.pdf>>. Acesso em: 12 de jun. 2018.
16. CASTRO, Eduardo. **Sistema de Coberturas com Membrana Ultraply TPO Firestone para o Aeroporto Internacional de Carrasco - Uruguai**. Disponível em: <  
<http://www.abcem.org.br/construmetal/2010/downloads/contribuicoes-tecnicas/30-desafios-e-inovacoes-em-coberturas-a-aplicacao-do-sistema-de-membrana-tpo-no-aeroporto-internacional-de-carrasco-uruguai.pdf>>. Acesso em: 21 mai. 2018.
17. THOMAS, Taylor.; TAMMY, Yang. **Physical Testing of Thermoplastic Polyolefin Membranes and Seams** . Disponível em: <  
[http://www.gaf.com/Commercial\\_Roofing\\_Systems/EverGuard\\_TPO/Physical\\_Testing\\_of\\_Thermoplastic\\_Polyolefin\\_Membranes\\_and\\_Seams.pdf](http://www.gaf.com/Commercial_Roofing_Systems/EverGuard_TPO/Physical_Testing_of_Thermoplastic_Polyolefin_Membranes_and_Seams.pdf)>. Acesso em: 22 mai. 2018.



18. OBER, Randy.; OLIVEIRA, Paul Tania. **TPO Roofing Membranes**. ASTM, Estados Unidos da América, n. 01, 2003. Disponível em: <[http://www.astm.org/SNEWS/AUGUST\\_2003/obeoli\\_aug03.html](http://www.astm.org/SNEWS/AUGUST_2003/obeoli_aug03.html)>. Acesso em: 22 mai. 2018.
19. BÉRTOLO, Tania. **A prova d'água**. Técnica, São Paulo, n. 51, mar. 2001. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/51/artigo287219-1.aspx>>. Acesso em: 18 mai. 2018.
20. CARVALHO, Kelly. **Impermeabilização com mantas de PVC**. Técnica, São Paulo, n. 156, p. 84-85, jul. 2014. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/156/devido-a-baixa-demanda-sistema-de-impermeabilizacao-com-mantas-de-315979-1.aspx>>. Acesso em: 18 mai. 2018.
21. CICHINELLI, Gisele. **Estanque e flexível**. Construção Mercado, São Paulo, n. 156, p. 78-81, jul. 2014. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/156/artigo315974-2.aspx>>. Acesso em: 19 mai. 2018.
22. CICHINELLI, Gisele. **Umidade barrada**. Construção Mercado, São Paulo, n. 140, p. 52-55, mar. 2013. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/189/estanqueidade-garantida-conheca-os-sistemas-de-impermeabilizacao-cimenticia-e-288006-1.aspx>>. Acesso em: 19 mai. 2018.
23. CORSINI, Rodnei. **Sistemas de coberturas**. Construção Mercado, São Paulo, n.145, p. 58-59, ago. 2013. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/145/sistemas-de-coberturas-quinta-parte-da-norma-de-desempenho-293399-1.aspx>>. Acesso em: 20 mai. 2018.
24. FERREIRA, Romário. **Conhecendo os impermeabilizantes**. Equipe de obra, São Paulo, n. 65, p.

- 16-20, nov. 2013. Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/44/conhecendo-os-impermeabilizantes-veja-quais-sao-os-sistemas-de-245388-1.aspx>>. Acesso em: 20 mai. 2018.
25. GIRIBOLA, Maryana. Manta asfáltica. **Construção Mercado**, São Paulo, n. 156, p. 88-89, jul. 2014. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/156/membrana-flexivel-tpo-e-utilizada-para-impermeabilizar-coberturas;-aplicacao-e-315984-1.aspx>>. Acesso em: 20 mai. 2018.
26. LWART IMPERMEABILIZAÇÃO. **Detalhes construtivos e manutenção.** Disponível em: <<http://www.lwartimpermeabilizantes.com.br/pagina/material-de-referencia>>. Acesso em: 21 mai. 2018
27. NAKAMURA, Juliana. Arsenal contra a umidade. **Construção Mercado**, São Paulo, n. 156, p. 74-76, jul. 2014. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/156/impermeabilizacao-de-estruturas-o-mercado-dispoe-de-uma-serie-de-315973-1.aspx>>. Acesso em: 21 mai. 2018
28. ROCHA, Ana P. **Estanqueidade moldada.** *Téchne*, São Paulo, n. 177, p. 48-51, dez. 2011. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-74civil/177/estaqueidade-moldada-aplicacao-de-sistemas-de-impermeabilizantes-in-loco-286880-1.aspx>>. Acesso em: 21 mai. 2018.
29. VEDACIT – **Manual técnico de impermeabilização de estruturas.** 94 p. 7ª edição, dez. 2012. Disponível em: <http://www.vedacit.com.br>. Acesso em: 21 mai. 2018.
30. FIRESTONE BUILDINGS PRODUCTS. Disponível em <<http://www.firestonebp.com>>. Acesso em 16 mai. 2018.

31. **GELINSKI, G. A cobertura como ponto de partida.** Revista Finestra, São Paulo, p.40, Ano 15, Número 61, ISSN 18086918.
32. **LEED.** Disponível em <<http://www.usgbc.org>>. Acesso em 17 mai. 2018.
33. **POLIISOCIANURATO.** Disponível em <<http://www.pima.org>>. Acesso em 17 mai. 2018.
34. **RAFAEL VIÑOLY ARCHITECTS.** Disponível em <<http://www.rvape.com>>. Acesso em 17 mai. 2018.
35. **SUSTENTAX.** Disponível em <<http://www.sustentax.com.br>>. Acesso em 17 mai. 2018.