
Textile in Civil Construction: from tents to tensioned architectonic membranes

Têxteis na Construção Civil: das tendas às membranas arquitetônicas tensionadas

Received: 2023-06-08 | Accepted: 2023-07-12 | Published: 2023-07-17

Rodrigo Petenuci D'Avila Gonçalves

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8456-9728>

Universidade de São Paulo, Brasil

E-mail: rodrigo.p.d.goncalves@usp.br

Dib Karam Junior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2867-7999>

Universidade de São Paulo, Brasil

E-mail: dib.karam@usp.br

ABSTRACT

Textile architecture has accompanied humanity since the first man-made shelters. With rustic structures that are easy to assemble and manufacture, it was a very important resource at different times in history. This work sought to briefly list the path of textile architecture over the years, showing the similarities and basic differences between the materials. Finally, it characterizes the quality of the currently used materials, and show some works and the scenario of this type of architecture in Brazil.

Keywords: Textile Architecture; Textile membrane; Tensile structures; Fiberglass, Architecture membranes

RESUMO

A arquitetura têxtil acompanha a humanidade desde os primeiros abrigos feitos pelo homem. Com estruturas rústicas e de fácil montagem e fabricação, foi um recurso muito importante em diversos momentos da história. Esse trabalho buscou de forma breve elencar o caminho da arquitetura têxtil durante os anos, mostrando as semelhanças e as diferenças básicas entre os materiais. Por fim, caracteriza as qualidades dos materiais empregados atualmente, além de mostrar algumas obras e como o cenário desse tipo de arquitetura se encontra no Brasil.

Palavras-chave: Arquitetura têxtil; Membrana têxtil; tensoestruturas; Fibra de vidro; Membrana arquitetônica

INTRODUÇÃO

Os primeiros abrigos artificiais que foram construídos pelos seres humanos, se tratava de tendas que faziam uso de ossos de animais ou galhos para estrutura, enquanto sua vedação e cobertura eram compostas por peles de animais. Esse tipo de abrigo, normalmente de fácil desmonte, está estritamente relacionado a culturas nômades, sendo utilizadas ainda hoje por tribos, principalmente em áreas desérticas e com poucos recursos.

As tendas, associadas à construção mais primitiva e natural, acompanharam a história da evolução do ser humano e continuam a ter um papel significativo hoje em dia. As suas origens remontam aos primeiros tempos do homem, tendo ficado patentes graças aos vestígios encontrados há 40.000 anos naquilo que hoje se conhece como Ucrânia, numa época em que os homens utilizaram ossos de mamute e peles de animais, que elaboravam de forma rudimentar para se protegerem do clima e das agressões externas, transformando o tecido no primeiro recurso para obter abrigo fabricado pelo homem. (BAHAMÓN, 2004, p. 7).

As tendas foram e são amplamente utilizadas por várias culturas ao redor do mundo, como diz Pauletti (2003, p. 8), “Praticamente todos os povos nômades das regiões áridas e estépicas do mundo fizeram –e fazem– uso de tendas como moradias”. Além disso, algumas dessas tendas tem grande semelhanças em suas características construtivas com obras de membranas arquitetônicas, como prossegue Pauletti (2003, p. 8): “Dentre as tendas nômades, destaca-se a tenda negra do Oriente Médio, a qual, por ter sua rigidez garantida pela protensão do tecido de cobertura, é o tipo que mais se aproxima, em termos de forma e de funcionamento estrutural, das tendas protendidas do século XX”.

Figura 1 – Tenda Negra do Oriente Médio



Fonte: DREW (2019, p. 55)

Apesar de ser um tipo de estrutura utilizada pela humanidade desde o início das construções, teve seu uso e evolução restritos devido à tecnologia que demorou a evoluir devido à complexidade estrutural, o que restringiu seu uso a estruturas móveis ou temporárias.

As dificuldades analíticas postas pelo comportamento não-linear das estruturas e a ausência de materiais adequados retardaram o uso moderno das estruturas retesadas. No que tange aos materiais, pode-se afirmar que apenas com os aços de alta resistência surgidos a partir do século passado, e dos materiais compósitos e sintéticos do nosso século é que as qualidades das estruturas retesadas puderam ser plenamente exploradas. (PAULETTI, 2003, p. 4)

Essas estruturas foram amplamente utilizadas pela humanidade em grandes ou pequenas civilizações da história, sendo encontradas por exemplo no antigo Egito, na Grécia, Assíria, e também no império romano, que iniciou um uso mais amplo de tecidos na construção, com coberturas de anfiteatro que se assemelham bastante ao que encontramos hoje em estádios e arenas de esportes pelo mundo. Além disso, as tendas sempre foram muito utilizadas no campo militar, em praticamente todas as grandes civilizações orientais e ocidentais conhecidas.

O uso de materiais têxteis e maleáveis são frequentemente associados às estruturas efêmeras, que são desmontadas após certo período de uso, seja para ser novamente montada em outro local, seja para uso único ou emergencial. Como exemplo podemos citar os hospitais de campanha, como vistos durante a pandemia de COVID-19 ou em campos de refugiados, tendas de circo itinerante, tendas de eventos, barracas, dentre muitos outros. Mas o uso desse tipo de material tem se mostrado cada vez mais versátil em construções de uso definitivo.

Figura 2 – Estádio Olímpico de Munique



Fonte: MONTO (2014)

No início do século XX surgiram as primeiras experimentações modernas com estruturas retesadas, com cabos ou correntes de aço, mas inicialmente essas estruturas não faziam uso de materiais têxteis em sua composição. As primeiras estruturas retesadas a usar de fato o tecido

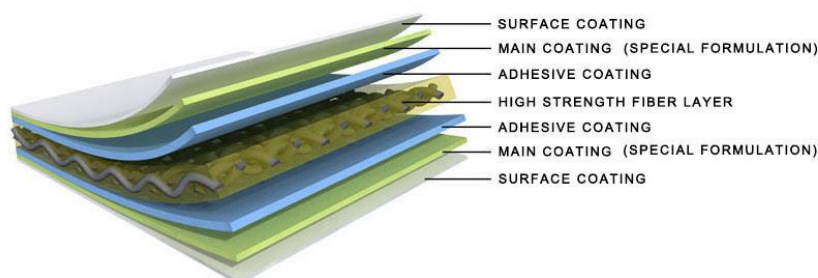
como material estrutural foram os radomes no final da década de 1940. Esses radomes e outras experimentações de estruturas infladas, principalmente nos Estados Unidos, proporcionaram um avanço nas pesquisas de materiais para compor esse tipo de estrutura, de onde apareceram por exemplo o uso da membrana de fibra de vidro revestida de PTFE (Teflon), que mais tarde se tornaria um dos principais materiais quando se fala de estrutura têxtil na arquitetura.

Coube principalmente a Frei Otto a dar uma maior visibilidade a esse tipo de estrutura, com várias experimentações e estudos com uso de têxteis na composição estrutural. Nas décadas que se seguiram, com o avanço da tecnologia e a popularização desse método construtivo, começaram a aparecer cada vez mais construções que faziam uso de membranas arquitetônicas têxteis para soluções arquitetônicas. Algumas das obras de Otto, como o Estádio Olímpico de Munique (figura 2), não fazem uso de material têxtil em sua composição, mas a estrutura e seu funcionamento são muito similares ao uso de membranas estruturais.

MEMBRANAS ARQUITETÔNICAS

A técnica mais amplamente utilizado como solução para construção que fazem o uso de têxteis na sua estrutura, é o uso de membranas tensionadas. Essas membranas podem ter sua composição variada em diversos materiais, sendo que a de uso mais comum são as membranas de fibra de vidro com revestimento de PTFE (politetrafluoretileno, conhecido como Teflon), ou poliéster revestido de PVC (policloreto de vinila). Em ambos os casos, a técnica utilizada é muito parecida, onde temos grandes superfícies desse material têxtil, que ganha rigidez após ser retesado e fixado em estruturas rígidas ou cabos de aço.

Figura 3 – Esquema de composição de membrana arquitetônica



Fonte: PTFE GLASS FABRIC (2022)

Uma das grandes vantagens desse tipo de material é a leveza que traz a estrutura, uma vez que o material têxtil pode ser mais de 60% mais leve por metro quadrado do que uma simples

telha de galvanizada, o que leva a uma economia na estrutura, por ter uma carga muito menor para estrutura suportar. Além da economia estrutural, outra grande vantagem do material é a possibilidade de ser translúcido, o que permite a passagem da luz natural de forma difusa, o que ajuda a iluminar o ambiente interno durante o dia, diminuindo o uso de iluminação artificial. Por se tratar de um material de cor branca, quando o material não é totalmente translúcido, parte da radiação solar é refletida, o que garante um efeito estufa menor do que o observado em estruturas de vidro. São muitas características positivas observadas nesse tipo de material, como explica Berger:

A translucidez é a mais importante delas, uma vez que trazer a luz do dia para dentro do edifício pode resultar em uma economia significativa de energia e na produção de um ambiente interno mais saudável, funcional e atraente. A baixa absorção de calor permite maior economia de energia, às vezes até a eliminação do ar-condicionado. As propriedades da superfície que evitam o acúmulo de ruído ou facilitam a remoção da sujeira acumulada, ajudam a manter não apenas a aparência brilhante que agora está associada às estruturas têxteis, mas também ajudam a manter os níveis de translucidez e refletividade necessários para o funcionamento eficiente do edifício. (BERGER, 2005, p. 65, tradução nossa)

Porém o uso desse material ainda encontra alguns obstáculos para ter o uso mais difundido, principalmente em países como o Brasil. Primeiramente seu custo é elevado, o que acaba restringindo seu uso às grandes obras, onde a economia gerada em estrutura compensa seu uso. Outro agravante é a dificuldade de cálculo matemático da estrutura, uma vez que a complexidade da forma e o comportamento do material dificulta seu cálculo estrutural, exigindo softwares e equipes especializadas para a concepção, o que acaba aumentando os custos da aplicação da solução. Por fim, seu manuseio e instalação exige uma equipe com treinamento especializado, o que por sua vez se torna escasso em locais onde o uso desse tipo de material é mais restrito, com uma demanda mais baixa do que em países com seu uso mais difundido.

AEROPORTO DE DENVER E OBRAS NO BRASIL

Provavelmente um dos maiores marcos da construção civil envolvendo membranas arquitetônicas é o Aeroporto Internacional de Denver, inaugurado em 1995, é uma das maiores estruturas com esse tipo de material no mundo. Projeto do escritório do arquiteto Curtis Fentress, o aeroporto conta com uma área coberta de 35.000m², onde foi utilizada uma membrana de fibra de vidro com revestimento de PTFE.

Figura 4 – Esquema de composição de membrana arquitetônica



Fonte: FLYDENVER (2023)

O aeroporto de Denver é um dos mais importantes aeroportos dos Estados Unidos, sendo um dos maiores do mundo, além de um importante Hub de aéreo de algumas das maiores empresas aéreas norte americanas. Sua arquitetura se tornou um marco por simular as cadeias montanhosas do Colorado. Essas cadeias são simuladas por estruturas de aço recobertas com a membrana arquitetônica de fibra de vidro revestida com PTFE, com alguns dos picos chegando a ter 45 metros de altura em relação ao chão. O uso dessa membrana, além de reduzir o peso estrutural e proporcionar uma forma mais curva e orgânica para cobertura, permitiu o uso de grandes vãos internos, aumentando a área livre e de circulação.

No Brasil, tivemos algumas obras no período de experimentação dos anos 1950, mas a aplicação de membranas tensionadas em uma escala um pouco maior são mais recentes.

Nas últimas duas décadas, ocorreu o advento de uma série de empresas nacionais com condições de oferecer ao mercado estruturas de membranas retesadas para vão pequenos e médios. Muitas obras formalmente interessantes tem sido então propostas. As características do mercado brasileiro são tais contudo, que as obras existentes são propostas usualmente com materiais mais baratos, e de menor desempenho, que aqueles empregados nos países mais avançados neste campo. (PAULETTI, 2003, p. 4)

Como observou Pauletti, o mercado nacional apesar de ter empresas em condições de oferecer esse tipo de estrutura, não estava inteiramente preparada para grandes obras e complexas. O uso de material mais baratos muitas vezes impedia a utilização em obras que não fossem temporárias. Assis (2011) observa um cenário parecido em sua pesquisa, mas já é possível observar algumas obras surgindo pelo país, como a feira de Ananindeua no Pará, com uma cobertura têxtil de 3.200 m² de área.

Nos anos seguintes, pudemos ver uma escalonada na quantidade de obras com uso de membranas arquitetônicas no Brasil. Das obras de construção e reforma para os estádios que fizeram parte da copa do mundo de futebol de 2014, mais da metade dos 12 estádios em questão, utilizaram membranas tensionadas, principalmente em sua cobertura. O estádio do Maracanã por exemplo, teve uma grande cobertura de 46.500 m² adicionada à sua estrutura, essa por sua vez é composta de membrana de fibra de vidro com revestimento de PTFE, de cor branca e translúcida, que como dito anteriormente, diminui a incidência da radiação solar, mas ainda permite a passagem de luz.

Figura 5 – Esquema de composição de membrana arquitetônica



Fonte: BREDT (2014)

O projeto do Maracanã foi de responsabilidade do escritório alemão Schlaich Bergermann und Partner, que também teve participação no projeto da cobertura e renovação do Mané Garrincha em Brasília e da Arena da Amazonas em Manaus. No caso do estádio manauara, a solução de membrana de fibra de vidro com PTFE foi estendida também a fachada, não ficando restrita à cobertura. Além dos estádios já citados, foram usados materiais têxteis em sua construção o Beira-Rio em Porto Alegre/RS, no Mineirão em Belo Horizonte/MG, Fonte Nova em Salvador/BA, Arena das Dunas em Natal/RN e na Arena Pantanal em Cuiabá/MT.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de membranas arquitetônicas tem se tornado cada vez mais comum ao redor do mundo, e no Brasil não é diferente, ainda assim o Brasil ainda não é uma referência no uso desse tipo de método construtivo, apesar de ter experimentado algumas soluções desde a década de 1950. A quantidade de obras que vemos sendo feitas por aqui desde a tese de Pauletti em 2011 e de Assis em 2012, podem indicar um aumento do uso de membranas arquitetônicas como solução em grandes obras, como foi o caso dos diversos estádios construídos ou reformados para a copa

do mundo de 2014, porém seriam necessários mais dados de obras mais recentes para ter um parâmetro real se a quantidade de obras continua aumentando, ou se foi um momento específico devido ao tamanho das obras em questão e sua alta visibilidade devido ao evento esportivo.

De qualquer maneira, o uso de membranas arquitetônicas em grandes obras, podem ser uma saída viável principalmente quando se tratando de grandes vãos, pois além da possibilidade de algumas formas mais orgânicas, podem apresentar uma redução de custo em relação as estruturas convencionais. Ainda seriam necessários outros levantamentos em relação aos custos mais atualizados, devido à grande volatilidade dos preços no mercado internacional, principalmente do aço, decorrentes dos desdobramentos da pandemia de COVID-19 no mundo. Apesar de tudo, essas membranas oferecem soluções únicas com sua translucência, capacidade de formas ousadas e seu baixo peso estrutural.

REFERÊNCIAS

ASSIS, R.G. **Um estudo sobre arquitetura têxtil no Brasil**: o segmento de mercado das estruturas tensionadas feitas com membranas de poliéster/PVC. Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo, 2012. Dissertação de Mestrado.

BAHAMÓN, A. **Arquitetura Efémera Textil**. Lisboa: Felisa Minguet, 2004.

BERGER, H. **Light Structures – Structures of Light**: the art and engineering of tensile architecture. 1. ed. Bloomington: Author House, 2005.

BREDT, M. [**Arena da Amazônia**], 13 mar. 2014. Figura 5. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/624013/arena-da-amazonia-gmp-architekten>. Acesso em: 11 maio 2023.

DREW, P. **Tensile Architecture**. Nova Iorque: Routledge, 2019.

PAULETTI, R.M.O. **História, Análise e Projeto das Estruturas Retesadas**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2003. Tese de Livre Docência.

[**Fiber Glass Fabric**], 2022. Figura 2. Disponível em: <https://www.ptfeglassfiberfabric.com/product/PTFE-Architecture-Membrane.html>. Acesso em: 20 de mar. de 2022.

MONTO, T. **Olympic Stadium and ferris wheel in Olympiapark**, Munich, 8 ago. 2014, Figura 3. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Munich_-_Olympic_Stadium.jpg. Acesso em: 10 abr. 2023.

[**Denver Airport**]. Figura 4. Disponível em: <https://www.flydenver.com/sites/default/files/images/slideshow/untitled-73-HDR.jpg>. Acesso em: 25 maio 2023.