

# PONTES DE MADEIRA: DEGRADAÇÃO E SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS HÍBRIDAS

*Alessandro Stefani*

Acadêmico do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade Meridional – IMED.  
E-mail: <aleestefani34@gmail.com>.

*Bruna Gobi*

Acadêmica do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade Meridional – IMED.  
E-mail: <bruna-gobi@hotmail.com>.

*Kelly Hemerich*

Acadêmica do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade Meridional – IMED.  
E-mail: <kely.fla@hotmail.com>.

*Marcio Baldissera Prauchner*

Professor do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade Meridional – IMED.  
E-mail: <marcio.prauchner@imed.edu.br>.

## RESUMO

Atualmente nota-se que a madeira vem sendo cada vez mais utilizada em estruturas e projetos arquitetônicos, passando a não servir somente como um elemento estético, mas também cumprindo certa função estrutural. As pontes de madeira podem ser encontradas nas regiões mais afastadas dos centros urbanos, mas na maioria dos casos estão em condições precárias, onde não há fiscalização, nem manutenção das estruturas para que não haja danos e comprometimento em sua estrutura. A existência de pontes é de extrema importância para o desenvolvimento da economia e do transporte. Ao decorrer do trabalho, após uma pesquisa mais aprofundada sobre o assunto em bibliografias, encontram-se alguns meios para melhor conservação dessas pontes como, manutenção corretiva devida à presença de deterioração inicial e tardia ou substituição de peças devida à presença de deterioração severa, que garantem uma melhor durabilidade da estrutura, e também a segurança da comunidade que irá utilizar a ponte. Com o passar do tempo, seja por necessidade de expansão populacional ou para buscar novos recursos, outros locais vão sendo explorados, novos condicionantes geográficos apresentados, e o surgimento de novas pontes é inevitável e essencial, assim como novas tecnologias surgem. Uma destas tecnologias vem sendo desenvolvida no Laboratório de Madeiras e Estruturas de Madeira (Lamem) da Escola de Engenharia de São Carlos da USP, que se resume na união de técnicas trazidas de outros locais juntamente com a madeira, criando estruturas e pontes mistas, ou seja, híbridos que enfrentam melhor as condicionantes patológicas que agem nesses sistemas. O artigo está estruturado em introdução, problema, objetivo, hipóteses, metodologia, desenvolvimento e conclusão. **Palavras-chave:** Pontes de madeira. Tecnologias. Patologias. Vãos. Estruturas híbridas.

## 1 INTRODUÇÃO

A madeira está entre os recursos naturais mais importantes da terra. Suas propriedades a fizeram ocupar um lugar de destaque no desenvolvimento da civilização, desde os primórdios da humanidade até os dias de hoje. Este sempre foi um material constantemente utilizado na construção de pontes no Brasil, por ser um recurso farto, melhorando a ocupação e distribuição do território nacional, pois pontes são de extrema importância para ligar dois pontos separados por obstáculos naturais ou artificiais, como por exemplo sobre rios e riachos. Porém, ao longo dos anos, por mais que haja substituição de determinadas peças, ocorre a deterioração, tendo como razão, em sua grande maioria, o uso de madeiras sem tratamento adequado, que sofrem muito com ações da natureza e outros condicionantes, pondo em risco a integridade e segurança da estrutura, sendo assim substituídas por estruturas de ferro e concreto. Atualmente percebe-se cada vez mais a necessidade da recuperação dessas estruturas de madeira. Ao longo do estado do Rio Grande do Sul, cerca de 60% das pontes necessitam de algum tipo de reparo, já que são danificadas devido a ação do tempo, sobrecargas, tráfego intenso de veículos e a falta de manutenção e vistoria.

A estrutura em madeira acaba tendo um preço consideravelmente competitivo em relação as pontes de aço e concreto, assim como o tempo para montagem, o que no contexto de estradas, quanto menor for o tempo gasto para finalizar a obra e ligar dois pontos, mais rápido será o desenvolvimento de todos os locais que circundam e necessitam dessas estradas, sabendo ainda que é uma matéria prima existente em grande quantidade no país, pois o Brasil é rico em grandes florestas e diversidade em tipos de madeira, o que remete preços menores do que para outros países. Contudo, a extração clandestina, o armazenamento irregular, e a falta de controle de qualidade, diminuem a utilização da madeira, assim sendo um produto com desempenho um pouco menor, se comparado ao aço e estruturas metálicas. Para que isso não gere danos, a estrutura deve ser submetida a processos de impermeabilização e acompanhamentos. Segundo Vargas (1955), materiais como eucalipto, possuem uma duração de cerca de 5 anos, o que é um tempo devidamente curto para uma obra deste porte.

Estruturas antigas sem manutenção, caminhões com excesso de cargas e a falta de técnicos

nos órgãos responsáveis, são alguns dos principais problemas encontrados nas pontes de madeira. No Rio Grande do Sul, por exemplo, onde grande parte da economia se dá, por meio de agronegócios, que estão diretamente relacionados a rotas e estradas rurais, as quais são constantemente ligadas por pontes em madeira, pode-se observar o desinteresse no estado das pontes, agravado pelos fatos citados acima, coloca a prova a sorte de quem faz uso dessas estradas. A falta de manutenção nesses sistemas em madeira, a falta de técnicos do Departamento Estadual de Estradas de Rodagem (DAER) e verbas escassas, são somadas para potencializar o risco de quedas. Das 850 pontes e viadutos em vias estaduais, cerca de 510 ainda precisam passar por vistoria. Outro dado preocupante é, que das 317 estruturas já avaliadas, 30 delas necessitam de uma intervenção urgente. A maior parte das patologias encontradas, nesse tipo de estrutura, são caracterizadas pelo apodrecimento dos elementos estruturais. Tanto nas pontes quanto nos elementos de sustentação. Geralmente os problemas começam a aparecer nos guarda-corpos, tipo pinguelas, pois estão em maior contato com as condicionantes de deterioração, em específico a umidade, por serem peças de pequenas dimensões. Nas pontes de madeira dessas estradas rurais, o tabuleiro, geralmente, é construído sem nenhum sistema capaz de proteger ou diminuir o contato da madeira com as ações do tempo e também mecânicas. Em geral é usada apenas uma camada de solo, sobre as pranchas do tabuleiro, para a proteção contra o desgaste e também para reduzir o impacto vertical sobre a ponte. Esta camada de solo facilita a percolação de água que alcança o tabuleiro e, também, as demais partes estruturais da ponte. A umidade que fica retida, no solo e na madeira, é o principal motivo do apodrecimento das pranchas do tabuleiro e das longarinas, e consequentemente acarreta a oxidação dos elementos metálicos, utilizados nas ligações das peças de madeira o que compromete sua funcionalidade e segurança.

Tendo em vista que muitas dessas pontes são o principal meio de acesso de muitos municípios pequenos e/ou fazendas de plantações, e sem essas estruturas ou com elas em condições precárias, a ligação desses pontos é comprometida e isso gera inúmeros problemas que vão de econômicos, a problemas de saúde de toda população que necessita transitar por esses locais seja para trabalho ou para buscar recursos em locais mais

desenvolvidos, a necessidade de manter esses sistemas em bom estado de utilização é de extrema importância.

Na Figura 1, a ponte localizada no município de Minaçu, Goiás é um exemplo do que ocorre quando a madeira não é devidamente tratada. Em estado crítico de depreciação, a ponte teve sua estrutura e funcionalidade completamente comprometidos, impossibilitando o uso.

Figura 1 – Maior ponte de madeira da região, construída sobre o Rio Cana Brava – GO.



Fonte: Prefeitura de Minaçu – GO).

Os riscos ao se trafegar por pontes em péssimo estado, são ilustrados na Figura 2. Geralmente encontradas em zonas rurais, mais afastadas, a manutenção dessas estruturas é feita de forma errada, ou não acontece, o que acaba diminuindo ainda mais a vida útil da ponte.

Figura 2 – Rorainópolis, região Sul do estado de Roraima.



Fonte: Waldecy de Oliveira/Arquivo pessoal (2016).

Depois de um levantamento aprofundado sobre o assunto, e sobre as técnicas preventivas nota-se claramente a necessidade de conscientiza-

ção para a utilização de forma adequada desde a extração, o projeto e a execução de uma das plataformas mais importantes atualmente. Bem como, as vantagens em relação ao uso da madeira nas pontes e que não sejam feitas apenas de concreto e estruturas metálicas, já que a madeira vem de uma fonte natural e renovável, sendo necessário autorização e padrões rigorosos para a extração e qualidade de tal material e também os melhores métodos de preservação da madeira na estrutura.

O trabalho tem como objetivo principal o levantamento das principais causas de degradação nas pontes de madeira, e também a solução para esse problema, apresentando novas tecnologias para otimizar o uso das diversas matérias primas comumente relacionadas a esse tipo de construção, e reparar os problemas do uso de estruturas inadequadas e sobrecargas, que junto com as condicionantes naturais, geram um desgaste mais rápido e perigoso para esses sistemas.

Por ser um material abundante e com planejamento correto e renovável, a madeira pode ser utilizada de várias maneiras na construção civil, tendo seu uso em pontes e passarelas. Suas vantagens incluem resistência, baixo custo, fácil manuseio, definição de formas e dimensões, extração simples, processamento que não envolve uma tecnologia requintada, reutilização e isolamento térmico, sustentabilidade, pouco gasto de energia para montagem. Além de toda questão arquitetônica, onde a madeira sempre está em alta, e por ser um material abundante principalmente nas regiões mais afastadas onde as pontes de madeira são encontradas na maior parte dos casos. Usar essa tecnologia como predominante para a construção de novas estruturas e reparo encaixa perfeitamente com os padrões a serem seguidos em projetos contemporâneos.

## 2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Ao notar certos problemas em relação a pontes que tenham sua estrutura somente em madeira, buscam-se novos métodos de construção, visando um melhor aproveitamento da estrutura.

A forma que apresenta uma melhor solução para o problema, sendo uma das possibilidades mais eficientes entre os meios estudados, são as pontes híbridas, unindo uma estrutura de concreto, madeira e aço. Tais pontes têm como vantagem a agilidade no processo de montagem, sendo

que podem ter seus tabuleiros em concreto pré-moldado, facilitando assim o processo de montagem da estrutura.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As pontes feitas em madeira, ainda que de maneira comum são encontradas em regiões mais afastadas, de construção mais simples, as vezes dentro de propriedades privadas, sem profissionais capacitados para projetar, ou também em municípios constituídos de grandes zonas rurais, as pontes de madeira estão presentes mesmo que em estado precário ou de abandono, continuam sendo utilizadas, sendo muitas vezes o único método de entrada e saída desses locais mais remotos. Hoje em dia mesmo que em novas áreas dessas sendo exploradas, a madeira como matéria prima não é mais a principal escolha de engenheiros e projetistas na hora de viabilizar novas estruturas e rotas para transporte e ligação entre dois novos pontos, pois, existe certo preconceito com a utilização dessa matéria prima, muito baseado nas patologias que a madeira apresenta em um prazo consideravelmente curto de tempo se não for devidamente preparada, tendo como principal ativo dessa deterioração a umidade, também fungos e comprometimentos na estrutura apresentados por sobrecargas ou uso indevido.

Assim como a descoberta de novas tecnologias, como a arquitetura em metal imposta pela Inglaterra na revolução industrial, e a invenção do concreto armado, esse sendo diretamente relacionado com pilares de pontes e viadutos, são as causas principais do abandono da madeira no uso de estrutura, sendo posta em desigualdade com o concreto ou metal. Entretanto há inúmeras vantagens no uso da madeira, a durabilidade por exemplo, se for devidamente preparada desde sua extração, passando por transporte e armazenamento, até chegar no produto final é algo surpreendente, arqueólogos encontram constantemente peças feitas em madeira, como: armas, esculturas, embarcações, instrumentos musicais, elementos estruturais, sarcófagos que resistiram ao longo da história. Estruturas que desafiam o tempo e vencem as patologias.

Outro aspecto positivo da madeira é a resistência ao ataque de organismos xilófagos, que só atacam quando a madeira entra em estado de apodrecimento, e também a segurança, pois a madeira

não oxida, o metal se posto a temperaturas elevadas, se deforma e perde sua função estrutural. Depois de serrada, se for utilizada na construção de uma ponte irá se comportar como um elemento pré-moldado, de fácil encaixe, o que economiza na energia gasta para montagem dessas estruturas, assim como toda questão de sustentabilidade em alta hoje no ramo da construção civil, desde seu plantio até o corte, a árvore é a segunda principal fonte de oxigênio do planeta, e também ajuda na eliminação de gases nocivos.

Além disso, a madeira necessita de um sexto da energia gasta com concreto armado, e se relacionar tempo e custo, quanto antes for finalizada a obra de uma ponte, mais rápido a economia da região vai ter um impulso positivo. Por outro lado, existem diversos pontos que questionam a ideia de investir em pontes 100% de madeira, tendo como principal problema as limitações de vãos que podem ser vencidos com esse uso exclusivo, se limitando a condições geográficas mais simples, como pequenas depressões e riachos de pouca profundidade.

Alguns cuidados específicos com a madeira, como: a necessidade de utilizar madeira sempre a 20cm do solo, a grande demanda de impermeabilizantes e outros fatores que limitam algumas condições de projeto, é também um material heterogêneo e anisotrópico, que mesmo depois dos cortes e encaixes, quando já está empregada no sistema da ponte, é um material muito sensível aos agentes da natureza, aumentando ou diminuindo suas dimensões com a variação de umidade, e é extremamente vulnerável se não for devidamente prevenida, o que ocorre na grande maioria dos casos, pontes que poderiam ser belas do ponto de vista arquitetônico, e funcionais do ponto estrutural, estão abandonadas, em estados avançados de apodrecimento, sendo seriamente comprometidas. Assim como suas dimensões limitadas, de formas alongadas e seções transversais curtas, o que pesa na hora de projetar um novo sistema de conexão.

Todavia, novas tecnologias surgem a todo instante, pesquisas feitas de forma incansável para aproveitar o melhor de cada sistema, sempre de forma sustentável e funcional, e uma nova trajetória aparenta ser a solução para o problema das pontes de madeira em péssimo estado, uma pesquisa desenvolvida no Laboratório de Madeiras e Estruturas de Madeira (Lamem) da USP. A nova tecnologia se resume em construir pontes híbridas, tirando o melhor de cada material,

juntando a madeira de reflorestamento no Brasil, devidamente tratadas para o uso em pontes combinadas com outras técnicas trazidas de outros países. As novas pontes híbridas podem suportar cargas fiéis as suas correspondentes de concreto, o uso das pontes híbridas tem um caráter renovável por conta da madeira, sendo oposto ao aço e ao cimento, reduzindo inclusive a demanda de energia na produção, além disso a madeira de reflorestamento serve para inibir o carbono da atmosfera intensamente durante toda sua vida, até a idade de corte. Esses novos sistemas híbridos permitem a construção de pontes em laminas e em vigas, combinando também madeira e concreto, todos podem ser usados em estradas, cidades e rodovias de tráfego intenso. Sem limitações em questão de cargas, pois são projetadas seguindo as normas de segurança das estruturas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). O sistema de proteção é aprimorado, com laminas de madeira formando uma placa perpassada por barras de aço resistente (técnica dywidag) ou por fios de aço também de alta resistência. As pontes híbridas podem também usar vigas roliças de concreto, ficando em uma relação madeira-aço, madeira-concreto e madeira-concreto-aço. Tanto as barras quanto os fios são protegidos por revestimentos de graxa, para evitar contato com os produtos utilizados no tratamento da madeira, eliminando possíveis corrosões dos mesmos, esse tratamento na madeira é feito com cobre, cromo e arsênio (CCA), o que aumenta a preservação dos 5 anos iniciais sem esse tratamento, para uso superior 30 anos, o que explica a eficiência da estrutura contra os agentes deteriorantes.

Essas estruturas híbridas ainda não são tão populares, mas se mostram um ótimo recurso para reparo ou substituição de sistemas. Na Figura 3 se observa a execução de uma dessas pontes mistas, onde os pontos que seriam mais afetados se fossem desenvolvidos em madeira, agora são feitos em aço, assim como toda estrutura. Ainda que não seja a tecnologia híbrida final desejada, a tentativa de mesclagem desses elementos é um grande avanço, visto que o desgaste da obra ocorrerá em um ritmo muito mais lento, mantendo sua funcionalidade por mais tempo.

Figura 3 – Ponte Mista de aço e madeira, na zona rural do município de Conceição do Mato Dentro – MG.



Fonte: Secretaria de Obras de Conceição do Mato Dentro – MG.

A utilização de pontes híbridas pode ser explorada de forma mais ampla e estética na arquitetura, um bom exemplo é a Spannbandbrücke, ponte feita sobre um rio na cidade de Tirschenreuth, Alemanha. Possuindo 85 metros de comprimento a ponte tem sua estrutura voltada para pedestres e ciclistas, e não somente para veículos. A ponte diretamente relacionada a arquitetura vernácula, é feita de laminas de madeira tratada, tensionadas com barras de aço, e estrutura em faixas de aço permitindo que o corpo escultórico da ponte seja protagonista (Figura 4).

Figura 4- Spannbandbrücke / ANNABAU.



Fonte – Prefeitura de Tirschenreuth (2016).

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista o estado que as pontes de madeira se encontram, principalmente em zonas rurais, o que afeta diretamente a segurança e integridade de quem necessita transitar nesses locais, e a difícil manutenção das mesmas, a ideia de substituir essas pontes por novas pontes híbridas de madeira-aço ou madeira-concreto, parece ser a solução mais adequada. Pois além de toda praticidade para montar, a questão sustentável, e visto pelo lado arquitetônico, onde a madeira cria um clima rústico, que casa bem com as localidades rurais, onde a demanda de pontes de madeira em estado precário é grande. Pelo lado sustentável e de execução, as pontes híbridas tem custo entre R\$ 300 e R\$ 600 o metro quadrado, contra R\$ 1 mil a R\$ 1,4 mil das pontes de concreto, o que torna bem viável a substituição das pontes antigas, por pontes híbridas. Outra vantagem do uso dessas laminas de madeira-aço, é a construção de vigas sem limites de comprimento, podendo ser aplicada em lugares onde a geografia é um pouco mais complicada, com controle total do material, contudo o custo é elevado, cerca de R\$ 2 mil o metro cúbico. A utilização desses híbridos prolonga a vida útil da ponte, assim como aumenta a capacidade de carga, os cuidados com tensão, torção e deslocamento desse híbrido se mantém os mesmos das tecnologias separadas (aço, concreto e madeira) com a vantagem da execução, custo e maior resistência.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [S.l.]: Kodansha International, 1998. Página visitada em 2015-11-11.
- LaMEM, laboratório de madeiras e estruturas de madeira. Manual de projeto e construção de pontes de madeira. 2006. Encontrado em: <<http://www.usp.br/agen/wp-content/uploads/Manual-de-Pontes-de-Madeira.pdf>>.
- MORAES, Victor Marcuz de., MATTHIESEN, José Antônio; SOUZA, Claudionicio Ribeiro de. *Aumento de capacidade de carga de pontes de madeira*. 2007. Encontrado em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/126/artigo285699-1.aspx>>.
- SORIANO, Julio; MASCIA, Nilson Tadeu. Novas técnicas viabilizam pontes de madeira. *Revista madeira*, edição 83. 2004.
- SORIANO, Julio; MASCIA, Nilson Tadeu (Setembro-Outubro/1999), Estruturas mistas em concreto e madeira em pontes. *Publicação da revista Técnica*. Encontrado em: <[http://www.ecivilnet.com/artigos/estruturas\\_mistas.htm](http://www.ecivilnet.com/artigos/estruturas_mistas.htm)>.
- SOUSA, Lauren Karoline de.; ACOSTA, Caio Cesar Veloso; JUNIOR, Carlito Calil. *Sistemas Construtivos para Pontes de Madeira com 8 Metros de Vão: Tabuleiro Protendido, Vigas Treliçadas e Sistema Misto*. 2014. Encontrado em: <[http://www.abpe.org.br/trabalhos/trab\\_49.pdf](http://www.abpe.org.br/trabalhos/trab_49.pdf)>.
- VARGAS, M. *Fundações: Manual do Engenheiro*. v. 4. Porto Alegre: Editora Globo, 1955.
- ADEODATO, Sérgio et al. *Madeira de ponta a ponta*. 2011. Encontrado em: <<http://www.madeiradeverdade.com.br/madeira-de-ponta-a-ponta/>>.
- COSTA Bárbara Pergher Dala; BESSA, Felipe Costa. *Concepção e dimensionamento de pontes em madeira roliça para estradas vicinais na região sudoeste do Paraná*. 2013. Encontrado em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1975/1/PB\\_COECI\\_2013\\_2\\_6.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1975/1/PB_COECI_2013_2_6.pdf)>.
- GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE MADEIRA INDUSTRIALIZADA NA CONSTRUÇÃO CIVIL. 2011. Encontrado em: <<http://www.madeiradeverdade.com.br/gerenciamento-de-residuos-de-madeira-industrializada-na-construcao-civil/>>.
- KINOSHITA, June; PALEVSKY, Nicholas. *Gateway to Japan, "A Japanese Prince and his temple"*.

## *Wood bridges: decay and technological solutions hybrid*

### **ABSTRACT**

Currently we note that the wood has been increasingly used in structures and architectural designs, through no serve only as an aesthetic element but also fulfilling certain structural function. The wooden bridges can be found in the most remote areas of urban centers, but in most cases are in poor condition, where there is no supervision or maintenance of structures so that there is no damage and commitment in its structure. The existence of bridges is of utmost importance for the development of economy and transportation. In the course of the work, after further research on the subject in bibliographies, are some ways to better conservation of these bridges as appropriate corrective maintenance to the presence of early and late deterioration or replacement due part to the presence of severe deterioration that ensure better durability of the structure, and also the safety of the community that will use the bridge. Over time, either by the need for population expansion or to seek new resources, other locations are being explored, new geographic constraints presented, and the emergence of new bridges is inevitable and essential, as well as new technologies emerge. One of these technologies is being developed in Wood and Wood Structures Laboratory (LaMEM) of the School of Engineering of São Carlos, USP, which is summarized in joining techniques brought from other places along with the wood, creating structures and composite bridges, or is, hybrid facing best pathologic conditions acting on these systems. The paper is structured into introduction, problem, purpose, hypothesis, methodology, development and conclusion.

**Keywords:** Wooden bridges. Technologies. Pathologies. Vain. Hybrid structures.