

ANÁLISE TÉCNICA DE PONTES EM MADEIRA NA REGIÃO NORTE DE MATO GROSSO

BIANCA SEIDE VOGEL¹
LETÍCIA REIS BATISTA ROSAS²

RESUMO: Considerando a complexidade das estruturas das pontes, e a sua importância, é fundamental que além de uma execução de acordo com as normativas, sejam mantidos ao longo do tempo, manutenções periódicas, com o intuito de prevenir as manifestações patológicas e quando necessário solucionar de forma rápida as existentes. Neste sentido a presente pesquisa teve como objetivo dissertar sobre as possíveis manifestações patológicas, realizar inspeções visuais, identificar as manifestações encontradas e propor soluções para corrigi-las. Para alcançar o objetivo realizou-se vistoria visual em três pontes de madeira, situadas na cidade de Tabaporã-MT, prevendo, então, as possíveis causas e as ações corretivas para a recuperação das peças afetadas. As principais manifestações patológicas encontradas, foram por fungos que se alojam na madeira e vão descaracterizando as suas propriedades físicas e mecânicas, fendas longitudinais que aparecem pelo processo de expansão e retração da madeira exposta a intempéries e o desgaste por abrasão que é gerado pelo atrito entre os pneus e a madeira. Portanto as pontes de vistoria 1 e 3 precisam receber manutenções, devido as manifestações patológicas encontradas e a ponte de vistoria 2, não apresenta riscos estruturais, concluindo assim que as vistorias e manutenções feitas periodicamente, são essenciais para a vida útil das estruturas das pontes de madeira.

PALAVRAS-CHAVE: Manifestação patológica; Manutenções; Recuperações da madeira.

TECHNICAL ANALYSIS OF WOODEN BRIDGES IN THE NORTHERN REGION OF MATO GROSSO

ABSTRACT: Considering the complexity of bridge structures, and their importance, it is essential that, in addition to carrying out compliance with regulations, periodic maintenance is maintained over time, with the aim of preventing pathological manifestations and, when necessary, solving existing ones quickly. In this sense, the present research aimed to discuss the possible pathological manifestations, perform visual inspections, identify the manifestations found and propose solutions to correct them. To achieve the objective, a visual inspection was carried out on three wooden bridges, located in the city of Tabaporã-MT, predicting, then, the possible causes and corrective actions for the recovery of the affected parts. The main pathological manifestations found were due to fungi that live in the wood and gradually distort its physical and mechanical properties, longitudinal cracks that appear due to the expansion and retraction process of wood exposed to the weather and wear due to abrasion that is generated by friction between tires and wood. Therefore, inspection bridges 1 and 3 need to receive maintenance, due to the pathological manifestations found and inspection bridge 2, does not

¹ Acadêmico de Graduação, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Fasipe – UNIFASIFE. Endereço eletrônico: biancaseide@hotmail.com.

² Professora Mestre, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Fasipe - UNIFASIFE. Endereço eletrônico: eng.leticiarosas@gmail.com.

present structural risks, thus concluding that the inspections and maintenance carried out periodically are essential for the useful life of the structures of the inspection bridges. wood.

KEYWORDS: Pathological manifestation; Maintenance; Wood recovery.

1. INTRODUÇÃO

As pontes são de suma importância para o desenvolvimento das cidades, possibilitando a ligação entre as pessoas, oferecendo acesso e fazendo o escoamento das produções (SARTORTI, 2008). Um dos fatores mais importantes para a decisão de qual material a ser utilizado na construção das pontes é o custo, considerando que é uma obra muito onerosa. O custo para executar a ponte em madeira é considerado baixo, e ainda a execução se torna mais rápida, tendo em vista que a sua construção seja mais simples, e seguindo corretamente o tratamento para sua preservação é garantido a sua durabilidade (MANERA, 2012).

Segundo a Secretaria do Estado de Infraestrutura e Logística do Mato Grosso (2021) nas rodovias estaduais existem cerca de 2.501 pontes, sendo aproximadamente 2.047 construídas com o uso da madeira, o que equivale a 82% delas, estima-se ainda que por responsabilidade dos 141 municípios do estado, existem outras 14.000 pontes de madeira.

É de responsabilidade do Mato Grosso a produção de 33% da madeira tropical Amazônica do Brasil (REMADE, 2006). Pontes de madeira possuem garantia de até 50 anos de utilização ou mais das estruturas de madeira, para que essa durabilidade seja alcançada é necessário que seja realizado a secagem e preservação correta do material, junto com técnicas de utilização, segundo (CALIL et al., 2006).

Nota-se a inexistência da cultura de manutenções por parte dos órgãos públicos, na qual prioriza as novas construções, deixando de realizar as manutenções periódicas preventivas relacionadas a conservação (BRITO, 2014). A realização de acompanhamentos e avaliações corretas, assim como as manutenções e medidas preventivamente aplicadas apresentam-se muito mais viáveis economicamente, beneficiando também a vida das pessoas que a utilizam (COSTA; SOUZA, 2021).

Devido à falta de manutenção das pontes de madeira que acabam sempre ficando para um segundo plano, a vida útil das estruturas é diretamente afetada, trazendo a falsa ideia que essas obras de arte especiais não são de qualidade (SEROR; JESUS; LOGSDON, 2012). Para uma escolha assertiva de qual tratamento utilizar para manutenções em estruturas com manifestações patológicas é muito importante que se tenha conhecimento sobre o assunto, reduzindo tempo e recursos desnecessários (WINKEL, 2019).

Para a construção, é utilizado o termo patologia para as manifestações que se dão nas madeiras das edificações, interferindo o seu estado físico que consequentemente afeta a resistência mecânica do material. Os maiores provocadores de patologias em estruturas de madeira são: chuva, umidade, vento, fogo, temperatura, fungos e insetos, que deterioram a matéria prima (PARMA; ICIMOTO, 2018).

Problemas patológicos que surgem antes mesmo da idade prevista, acontecem por erros de projeto, de execução, tratamento inapropriado, carência de cuidados e manutenções, o que acarreta diretamente na durabilidade da estrutura (SARTORTI, 2008). Pela madeira ter originalidade orgânica a mesma está submetida a deterioração por agentes químicos, físicos, atmosféricos, fungos e bactérias (PARMA; ICIMOTO, 2018).

O estudo sobre as patologias encontradas em pontes de madeira é de extrema importância para a bibliografia, aumentando o número de conteúdo para pesquisas de demais

autores que buscam conhecimento, além de demonstrar aos órgãos públicos as necessidades e impactos da falta de verificação dessas patologias.

Portanto, este trabalho visa analisar as manifestações patológicas em pontes de madeira, situadas no município de Tabaporã – MT. Com o propósito de alcançar o objetivo geral, o estudo se propôs a realizar inspeções visuais em três pontes de madeira em Tabaporã - MT, além de identificar as manifestações patológicas presentes nas pontes inspecionadas, e propor soluções para corrigir as manifestações patológicas encontradas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Madeira como material de construção

Um dos materiais mais modificáveis utilizados pela raça humana ao longo da vida é a madeira, considerando que existam aproximadamente 10.000 tipos de aplicações diferentes, sendo elas desde pequenos produtos a grandes construções (MELLO, 2007). A madeira possui um baixo consumo energético, uma boa resistência e um peso baixo, sendo propriedades capazes de aguentar sobrecargas de curto período sem efeitos nocivos, a madeira é um excelente material estrutural, ao contrário do que a sociedade pensa (STEFEL; MORO, 2013).

As madeiras com coloração mais claras, costumam ser mais leves e macias, predominando em regiões de clima frio, em locais mais quentes as suas cores são variadas e mais escuras (MORESCHI, 2014). São encontradas na natureza madeiras moles e madeiras duras, tendo como principais diferenças a sua dureza e densidade, o que interfere diretamente na sua durabilidade e finalidade de uso. As mais pesadas e densas exibem alta resistência aos ataques de fungos e insetos, tendo em vista que elas apresentam um mecanismo de defesa próprio, sendo assim consideradas como madeiras nobres (INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS, 2022).

Na construção civil, a madeira é utilizada de maneira temporária, para andaimes, fôrmas e escoramentos, e é empregada de forma definitiva, em estruturas e acabamentos (LOPES; PEREIRA; HAMAYA, 2013).

2.2 Pontes

Todas as pontes, sejam elas em rodovias federais, estaduais ou municipais no Brasil, são chamadas também de Obras de Arte Especiais, compondo um patrimônio público com valor agregado, essas obras são de suma importância para o desenvolvimento econômico e social da população (VITÓRIO, 2013).

2.2.1 Pontes de madeira

As pontes de madeira no Brasil, impulsionam o desenvolvimento social e econômico, principalmente porque sua economia vem de atividades agrícolas (HAACK, 2015).

É utilizado para a construção de pontes, madeiras mais pesadas e com alta resistência, que suportam grandes cargas, como: cumaru, maçaranduba, itaúba, angico, jatobá e eucalipto citriodora (CALIL et al., 2006). As pontes de madeira mais encontradas são as com vigas, que normalmente formam um único vão, do modelo biapoiadas, sendo também as mais práticas (STEFEL; MORO, 2013).

Em sua maioria, as pontes de madeira são projetadas e executadas por técnicos e construtores que não são especializados em madeira, gerando assim custos desnecessários e inseguranças quanto a sua qualidade (HAACK, 2015).

Portanto, observa-se com os diversos avanços tecnológicos e concorrências no mercado, a necessidade de melhorias nos dimensionamentos das estruturas das pontes de madeira (COSTA; BESSA, 2013).

2.3 Manifestações patológicas em estruturas

O termo patologia na engenharia civil, é usado para descrever uma estrutura que está com o seu desempenho comprometido, já na área da saúde seu significado é o estudo das doenças e sintomas que é apresentado no organismo (ANDRADE; SILVA, 2005).

Nas obras, pode-se considerar um sintoma patológico tudo que compromete as exigências da construção, como por exemplo a sua capacidade mecânica, sua funcionalidade ou a estética da peça (PEREIRA, 2021).

Para ser realizado um diagnóstico patológico, é preciso de uma análise das características das edificações e do ambiente onde está inserida (BRANDES, 2018).

Os mecanismos patológicos ou de degradação, tem um começo e um motivo que alavanca as reações. As manifestações podem começar desde o projeto, na ideia dos materiais e erros nos cálculos estruturais, erros na etapa de execução, carências de manutenções e utilizações inapropriadas ao longo da sua vida útil (BRANDES, 2018).

2.3.1 Manifestações patológicas em estruturas de madeira

Diversos defeitos naturais podem ser apresentados nos elementos de madeira que são utilizados em construções, defeitos esses que surgem pela má formação da madeira em seu crescimento natural ou ainda nos processos que são feitos para tratá-la, influenciando então o seu comportamento físico-mecânico (ALMEIDA, 2012).

A exposição da madeira em ambientes agressivos no decorrer da sua vida útil, agentes biológicos, químicos, físicos ou até mesmo mecânicos, faz com que ocorram as deteriorações nas suas estruturas (BRITO, 2014). Os principais agentes físicos do grupo de agentes abióticos são os danos mecânicos, as patologias de origem estrutural, os danos por animais silvestres e por vandalismo (PARMA; ICIMOTO, 2018).

2.3.1.1 Ataque por organismos xilófagos

Fungos, insetos e bactérias são agentes bióticos que se alojam na madeira, para que eles consigam sobreviver necessitam de algumas condições específicas, sendo elas a temperatura, a umidade, o oxigênio e a madeira que é a sua fonte de alimentação. Tem-se como os fungos mais comuns de serem encontrados na madeira os denominados manchadores, os apodrecedores e os emboloradores, que com o seu alojamento causam a perda de resistência da estrutura (WINKEL, 2019).

Para que se possa impedir os ataques de fungos, é indicado que algumas precauções sejam feitas em projeto, garantindo que entre as peças haja espaço para que possibilite a secagem ou que seja impregnado as peças com fungicidas, sendo esta uma solução mais cara. Quando a madeira tem contato direto com o solo, existe grande chances de ataques por bactérias, o que causa manchas na madeira, e, com o avanço dessa manifestação, observa-se um aumento na permeabilidade, fazendo com que a madeira amoleça e facilite o ataque de fungos (MONTANA, 2000).

Insetos xilófagos como besouro e cupins, alimentam-se de madeira, com isso é costumeiro que eles ataquem as matérias-primas que ficam expostas, construindo galerias no interior das peças, fazendo com que a seção seja diminuída afetando a resistência, podendo acarretar o rompimento da estrutura (MONTANA, 2000).

Formigas carpinteiras são facilmente encontradas em árvores derrubadas, tocos, ocos de árvores vivas e feridas basais. As formigas vivem em colônia e são muitas vezes confundidas com cupins por serem semelhantes (PARMA; ICIMOTO, 2018). Elas costumam atacar as madeiras que não possuem tratamento, porém as madeiras macias ou aquelas que foram atacadas por fungos apodrecedores estão mais sujeitas ao alojamento das formigas (BRITO, 2014).

As brocas podem causar danos relevantes à madeira, classificada em diferentes tipos, sendo: as brocas que atacam a madeira recém abatida; as que acatam as árvores ainda vivas; as que atacam as madeiras secas e as que infestam a madeira no período de secagem (PARMA; ICIMOTO, 2018).

2.3.1.2 Desgaste por abrasão

O desgaste por abrasão é considerado um dos mais relevantes agentes que deterioram as pontes executadas com a madeira, devido o atrito que ocorre com a circulação de veículos, acarretando a abrasão mecânica, que causa a diminuição da seção onde é atingida, fazendo com que a resistência seja reduzida (BORSATTI, 2013).

2.3.1.3 Danos devido ao fogo

A madeira é um material considerado combustível e medianamente inflamável, nesse contexto, o processo de degradação mais rápido que pode ocorrer na madeira é o fogo (PARMA; ICIMOTO, 2018).

A energia é liberada em forma de vapor, secando a madeira e fazendo com que forme uma camada de carvão, adiando a carbonização da peça, fazendo com que a estrutura não entre em colapso (BRITO, 2014). A insegurança da madeira perante a potenciais riscos a incêndios faz com que sejam considerados restrições para as construções feitas com estruturas em madeira (FIGUEROA; MORAES, 2009).

2.3.1.4 Patologias de origem estrutural

A estabilidade de uma estrutura apesar das perturbações sofridas, tem uma predisposição natural de se manter ou até mesmo recuperar a sua posição inicial (PARMA; ICIMOTO, 2018). Mesmo assim, a estabilidade lateral e global das peças deve ser verificada em caso de verificação de alguma patologia (ABNT NBR 7190, 2022).

Um fator que muitas vezes é desprezado e falho é o sistema de contravento das estruturas, ao qual sua ausência, pode ocorrer a ruptura da peça devido as ações do vento (BRITO, 2014). As flexas e deformações podem ocorrer devido a um carregamento excessivo indicando que é necessária uma correção na madeira com uma manutenção compatível (CALIL *et al*, 2006).

2.3.1.5 Agentes meteorológicos ou atmosféricos

Ações de agentes atmosféricos geram deteriorações que podem afetar as peças estruturais internas ou externas, essas ações resultam em deteriorações físicas com o surgimento de fendas, remoção de material lenhoso, empenamentos e alterações nos componentes da lignina (MACHADO *et al*, 2009).

Os danos causados por agentes atmosféricos como umidade relativa, radiação ultravioleta, precipitação, vento e temperatura do ar, não causam problemas expressivos nas estruturas, mas favorecem indiretamente o local propício para que dê origem a agentes biodeterioradores (BRITO, 2014).

2.4 Vistoria visual

Foram desenvolvidos alguns meios de inspeção não destrutiva para avaliar as estruturas (PARMA; ICIMOTO, 2018). O desenvolvimento dessas técnicas possibilita descobrir as anomalias e distinguir os mecanismos físicos e químicos desde a sua origem, relacionando as causas e efeitos (BRANCO *et al.*, 2012).

A inspeção visual, para a identificação de anomalias é um mecanismo muito eficiente, possibilitando a identificação das patologias e a proporção dos danos causados nas estruturas de madeira, por agentes bióticos e por agentes abióticos. O registro através de imagens durante as vistorias é essencial, fotografando todas as manifestações patológicas encontradas nas estruturas (BRITO, 2014).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho visou a análise de manifestações patológicas em pontes de madeira, situadas no município de Tabaporã – MT. Quanto aos tipos de pesquisa, o trabalho foi desenvolvido através de uma pesquisa qualitativa, básica, descritiva através de estudo de campo.

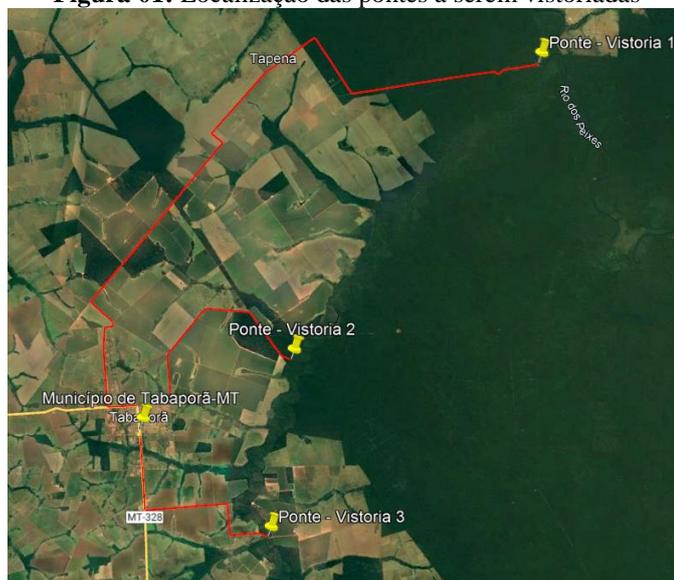
A área escolhida para a aplicação da pesquisa é a cidade de Tabaporã - MT, que está localizada na região norte do Mato Grosso, deslocada da BR-163, as estradas da cidade são feitas de terra e as pontes construídas com a madeira, matéria prima farta na região. Nesse contexto, para amostra da pesquisa, utilizou-se o quantitativo de 3 pontes.

No local em estudo, existe uma grande quantidade de automóveis passando todos os dias, sendo eles veículos leves e pesados, devido ao escoamento de grãos que tem na região. O município está localizado na região norte do Mato Grosso, na Floresta Amazônica, à 613 km de Cuiabá-MT, capital do estado.

O estudo de campo foi realizado com vistorias visuais e capturas de imagens nas pontes localizadas no município de Tabaporã-MT, conforme figura 01, nos endereços descritos a seguir:

- Ponte 1 – Localizada à 36,3 km de distância do município de Tabaporã, nas coordenadas (Latitude 11° 8'10.20"S - Longitude 56°40'20.90"O), ponte sobre o Rio dos Peixes.
- Ponte 2 - Localizada à 10,2 km de distância do município de Tabaporã, nas coordenadas (Latitude 11°16'31.39"S - Longitude 56°45'36.77"O), ponte sobre o Rio Batelão.
- Ponte 3 – Localizada à 10,7 km de distância do município de Tabaporã, nas coordenadas (Latitude 11°21'5.43"S - Longitude 56°45'34.30"O), ponte sobre o Rio Batelão.

Figura 01: Localização das pontes a serem vistoriadas



Fonte: Adaptado de Google Earth (2023)

A vistoria foi realizada através de deslocamento até os locais informados, fazendo uma análise visual de todas as partes que a ponte é constituída, medindo com o auxílio de trena as dimensões das mesmas, descrevendo todas as informações sobre a ponte em questão e fazendo o registro fotográfico com o uso de câmera fotográfica.

Para a realização das vistorias visuais foram utilizados alguns materiais que auxiliaram em um melhor diagnóstico das manifestações patológicas encontradas, sendo eles: trena, papel sulfite em formato A4, caneta e câmera fotográfica.

Com as vistorias feitas, foram identificadas as manifestações patológicas encontradas, os motivos do surgimento delas e as soluções que podem ser tomadas para a sua recuperação. Propondo as opções para cada peça da estrutura da ponte, se é necessário a substituição ou apenas ações corretivas resolveria o problema, dando assim segurança ao usuário.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Ponte sobre o Rio dos Peixes – Vistoria 1

A vistoria na ponte localizada sobre o Rio dos Peixes, foi realizada no domingo dia 19/02/2023. A mesma possui um comprimento de 109 metros e largura de 5 metros, sendo uma das pontes mais extensas da região, na figura 02 é possível ver a sua superfície. Por ser uma ponte alta (figura 03), foi permitido passar por baixo da mesma e visualizar a mesoestrutura da ponte.

Figura 02: Vista lateral da ponte sobre o Rio dos Peixes



Fonte: Da autora (2023)

Figura 03: Vista frontal do tabuleiro da ponte sobre o Rio dos Peixes



Fonte: Da autora (2023)

4.1.1 Manifestações patológicas na superestrutura

4.1.1.1 Fungos apodrecedores, fungos emboloradores e formação de corpos de frutificação no assoalho da ponte

Segundo Brasil *et al.* (2021) a madeira onde existe a presença de fungos emboloradores fica com aspecto pulverulento e altera sua coloração, já os fungos apodrecedores alimentam-se do amido e dos açúcares das células da madeira e são decompositores lignocelulolíticos. Os corpos de frutificação indicam que os fungos estão em condições para a multiplicação favoráveis. Assim como encontrado no assoalho da ponte, conforme as figuras 04 e 05.

Figura 04: Vista assoalho da ponte sobre o Rio dos Peixes



Fonte: Da autora (2023)

Figura 05: Vista assoalho da ponte sobre o Rio dos Peixes



Fonte: Da autora (2023)

No Brasil a manifestação por fungos é bastante comum, tendo em vista que o clima tropical com muita umidade e alta temperatura, são condições ideais para esses agentes se proliferarem. Os corpos de frutificação são produzidos pela contaminação dos fungos que obtém energia através da madeira, os “cogumelos” fazem com que as peças de madeira próximas a ele sejam contaminadas também pelos fungos (BRASIL; RIBEIRO; MALTA; REIS; DEUS, 2021).

Considerando que as peças contaminadas por corpo de frutificação indicam o biodeterioramento da madeira, elas precisam ser substituídas, pois perderam a sua capacidade de resistência mecânica, assim como as peças manifestadas de fungos apodrecedores. Já os pontos onde aparecem apenas a manifestação por fungos emboloradores é possível que seja feito a raspagem da peça, removendo a massa de esporos, pois afetam minimamente as suas propriedades mecânicas (BRASIL; RIBEIRO; MALTA; REIS; DEUS, 2021).

4.1.1.2 Fendas longitudinais, desgaste por abrasão mecânica e acúmulo de sujeira no rodeio da ponte

Fendas são separações longitudinais do tecido lenhoso (BRASHAW *et al.*, 2012). Desgaste por abrasão mecânica é comum em rodeio de pontes. Pela movimentação de veículos ocorre o desgaste da superfície, que ocasiona na redução da seção efetiva das peças de madeira (BRITO, 2014). Nas figuras 06 e 07, é possível observar as fendas, os desgastes e a sujeira presentes no rodeio da ponte.

Figura 06: Vista rodeio da ponte sobre o Rio dos Peixes



Fonte: Da autora (2023)

Figura 07: Vista rodeio da ponte sobre o Rio dos Peixes



Fonte: Da autora (2023)

As fendas podem surgir através de um efeito natural de secagem da madeira, considerando que a peça passa pelo processo de expansão e retração devido a exposição ao sol e chuva, como também pode ocorrer devido ao cisalhamento da peça, pelas cargas superiores as previstas em projetos. O desgaste por abrasão ocorre pelo atrito dos pneus dos veículos com a madeira, fazendo com que remova a camada de proteção da madeira (BRITO, 2014).

O acúmulo de sujeira acontece por existir pontos na superfície irregular, facilitando que os resíduos fiquem parados, a estrada que liga na ponte não é pavimentada, fazendo com que os veículos e ações do vento arrastem a sujeira para cima da ponte.

Por isso, para ações de recuperação, pontos onde existem as fendas longitudinais, não muito agravadas, é indicado realizar a costura das peças, usando parafusos, chapas ou barras de ferro, fazendo o travamento delas e não permitindo que a manifestação de desenvolva (BRITO, 2014).

Considerando que o desgaste por abrasão mecânica remove a proteção superficial da madeira, deixando a mesma exposta a intempéries, é preciso que se faça a impermeabilização das peças afetadas, para que os agentes bióticos não se alojem e deteriore as peças.

Portanto, uma limpeza em toda a superfície da ponte se faz necessária, além dos travamentos e a impermeabilização. Já as peças que sofreram mais com os desgastes e possuem fendas excessivas é recomendado que sejam substituídas por novas madeiras.

4.1.1.3 Cupins no guarda-corpo.

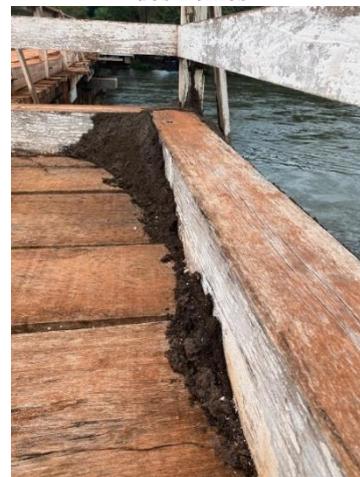
No guarda corpo da ponte foi encontrado a presença de cupins, com cupinzeiros já formados, conforme apresentado nas figuras 08 e 09.

Figura 08: Vista guarda corpo da ponte sobre o Rio dos Peixes



Fonte: Da autora (2023)

Figura 09: Vista guarda corpo da ponte sobre o Rio dos Peixes



Fonte: Da autora (2023)

Os cupins são insetos que vivem em comunidades, eles se alojam e constroem cupinzeiros em locais onde possui fonte de alimento, como a madeira e a presença de água, por isso, os cupins deterioram a madeira, acarretando a perda de resistência mecânica (BRITO, 2014).

Observando as imagens, pela proporção tomada pelo cupinzeiro, presumisse que a madeira já perdeu toda a sua resistência mecânica, considerando que o cupim se alimenta da madeira e faz a deterioração da mesma, é proposta nesta situação a substituição das peças em que eles se alojam.

4.1.2 Manifestações patológicas na mesoestrutura

4.1.2.1 Fungos emboloradores, fungos apodrecedores e cupins nos pilares e vigas

Na parte inferior da mesoestrutura e na superestrutura, foram os locais onde observou-se uma maior concentração de manifestações patológicas, como fungos e cupins em estado avançado, conforme figuras 10 e 11.

Figura 10: Vista dos pilares e vigas da ponte sobre o Rio dos Peixes



Fonte: Da autora (2023)

Figura 11: Vista dos pilares e vigas da ponte sobre o Rio dos Peixes



Fonte: Da autora (2023)

Como citado no item 4.1.1.1 a causa da manifestação por fungos é justamente a exposição da madeira a intempéries, que tornam locais propício para o alojamento desses agentes bióticos. No item 4.1.1.3 é relatado que os cupins constroem sua comunidade em ambientes que possuem seu alimento que é a madeira, seja quente, úmido, assim como as pontes. Sendo assim, o meio onde está inserida é o principal motivo das manifestações encontradas.

Para ações corretivas dessa situação, é necessário que seja realizado a substituição de todas as peças que perderam a sua resistência mecânica, limpeza e impermeabilização das que não foram atingidas pelos fungos apodrecedores e pelos cupins.

4.2 Ponte sobre o Rio Batelão – Vistoria 2

A vistoria na ponte localizada sobre o Rio Batelão, foi realizada na segunda feira dia 20/02/2023. A mesma possui comprimento de 32 metros e largura de 4,65 metros e passou por manutenções no último ano. Pelas figuras 12, 13 e 14, verifica-se que as margens do rio estão altas, considerando a época chuvosa em que a vistoria foi realizada.

Figura 12: Vista lateral da ponte sobre o Rio Batelão



Fonte: Da autora (2023)

Figura 13: Vista lateral da ponte sobre o Rio Batelão



Fonte: Da autora (2023)

Figura 14: Vista frontal do tabuleiro da ponte sobre o Rio Batelão



Fonte: Da autora (2023)

4.2.1 Manifestações patológicas na superestrutura

Observa-se nas figuras 15 e 16 que existem madeiras lascadas e aberturas entre as peças, indicando que na manutenção realizada, essas peças foram fixadas dessa maneira, com espaços entre as pranchas. As peças que possuem partes lascadas foram colocadas assim, fazendo impermeabilização por cima. Tais considerações observadas não apresentam riscos estruturais, tratando-se apenas da estética da ponte.

Figura 15: Vista assoalho da ponte sobre o Rio Batelão



Fonte: Da autora (2023)

Figura 16: Vista assoalho da ponte sobre o Rio Batelão



Fonte: Da autora (2023)

Nas figuras 17 e 18 percebe-se que existem algumas fissuras longitudinais, peças com cortes irregulares, apresentando assim, aberturas entre as pranchas de madeira. Considerando o fluxo dos veículos no local, tais aberturas podem vir a piorar, por isso, foi aderido em alguns pontos da ponte, barras de ferro para ajudar na imobilização das peças e evitar maiores aberturas.

Figura 17: Vista rodeio da ponte sobre o Rio Batelão



Fonte: Da autora (2023)

Figura 18: Vista rodeio da ponte sobre o Rio Batelão



Fonte: Da autora (2023)

Por fim, visualizou-se na ponte em estudo, um acúmulo de sujeira na cabeceira da ponte (figura 19), devido a estrada que interliga ser de terra. Para ações de remediações,

recomenda-se a realização de limpeza, porém, pelo meio onde está inserida, esse acúmulo de sujeira será constantemente percebido.

Figura 19: Vista cabeceira da ponte sobre o Rio Batelão



Fonte: Da autora (2023)

4.3 Ponte sobre o Rio Batelão – Vistoria 3

A vistoria na ponte localizada sobre o Rio Batelão, foi realizada no sábado dia 08/04/2023. A mesma possui comprimento de 25 metros e largura de 5,90 metros. Pode-se observar nas figuras 20 e 21 que o nível da água estava alto, quase chegando à superestrutura da ponte, e impossibilitando que fossem verificadas as manifestações patológicas na mesoestrutura.

Figura 20: Vista lateral da ponte sobre o Rio Batelão



Fonte: Da autora (2023)

Figura 21: Vista frontal do tabuleiro da ponte sobre o Rio Batelão



Fonte: Da autora (2023)

4.3.1 Manifestações patológicas na superestrutura

4.3.1.1 Fungos apodrecedores, fungos emboloradores, fendas longitudinais, desgaste por abrasão mecânica e vegetação.

Foram identificados no assoalho da ponte, a manifestação de fungos, fendas e vegetações, conforme a figura 22. Além disso, o rodeio da ponte apresenta a presença de fendas e desgaste por abrasão mecânica (figura 23).

Figura 22: Vista assoalho da ponte sobre o Rio Batelão



Fonte: Da autora (2023)

Figura 23: Vista rodeio da ponte sobre o Rio Batelão



Fonte: Da autora (2023)

A presença de fungos apodrecedores e emboloradores, conforme relacionado na vistoria 1, surgem por uma ação natural do meio ambiente, mas não é benéfica se vista pela engenharia civil, pois as madeiras ficam exposta a intempéries, locais propícios para o alojamento dos fungos.

As fendas longitudinais, também citadas na vistoria 1, acontecem pela exposição ao sol, chuva, e outros intempéries, o fato de parte do tempo a madeira receber muita água faz com que ela inche e posteriormente ao receber a luz solar quente e retraia, fazendo com que nesse processo apareça as fendas. O recebimento de cargas excessivas dos caminhões também pode acarretar as fendas, devido ao efeito de cisalhamento.

O desgaste por abrasão mecânica acontece pelo atrito entre os pneus e a madeira, portanto, as frenagens dos veículos em cima da ponte podem piorar as manifestações existentes ou surgirem novas.

Além disso, vegetação pode aparecer devido a uma grande umidade presente na madeira, principalmente em pontos onde não ocorre muita ventilação, tornando se um local propício para o crescimento de plantas.

Como propostas de recuperação, recomenda-se que para as peças detectadas com a manifestação de fungos emboloradores, seja feita a limpeza da superfície através de lixamento ou escovação e posteriormente a impermeabilização, para evitar que volte a aparecer os fungos. Pontos com vegetações devem ser limpos e impermeabilizados.

Nas peças onde há o ataque dos fungos apodrecedores é necessário que faça a substituição, tendo em vista que a mesma já perdeu boa parte da sua resistência mecânica, podendo a qualquer momento vir a romper.

Peças com fendas excessivas precisam ser substituídas, já locais onde está iniciando esta manifestação patológica pode ser feito o travamento das pranchas para que não aumente a abertura, com o auxílio de barras de ferro.

Locais onde apresentam o desgaste por abrasão, uma impermeabilização das peças deve ser realizada pois nessas condições, a abrasão já comprometeu a camada da superfície da madeira, ficando esta, mais exposta ao meio ambiente. Caso ocorra o desgaste excessivo reduzindo muito a seção transversal da peça, precisa ser feito a substituição da peça.

4.3.1.2 Acúmulo de sujeira

Pode se observar um grande acúmulo de sujeira na cabeceira da ponte, conforme apresentado na figura 24, devido a estrada não ser pavimentada. A presença principalmente das pedras pode acarretar ainda mais em desgastes da superfície da madeira, no momento que os veículos passam, ocorrendo o arrasto delas pelo movimento dos pneus. A limpeza do local ajudaria, mas apenas momentaneamente, considerando que o tráfego contínuo dos veículos traria a sujeira novamente.

Figura 24: Vista cabeceira da ponte sobre o Rio Batelão



Fonte: Da autora (2023)

4.4 Análise geral das vistorias

As pontes de vistoria 1 e 3, apresentam pontos infestados por fungos emboloradores e apodrecedores, cupins, acúmulo de sujeiras e presença de vegetações, necessitando de manutenções como a limpeza e a substituição de algumas peças que perderam a sua resistência mecânica. A ponte de vistoria 2, apresenta uma estrutura com reparos e manutenções em dia, não indicando riscos estruturais.

Todas as três pontes estão localizadas em pontos onde recebem cargas de veículos pesados, o que exigem uma estrutura de qualidade e reforçada. As visitas foram realizadas em um período de muita chuva na região, o que propicia a presença de algumas manifestações.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização do presente trabalho, foi possível verificar que as vistorias e manutenções periódicas nas pontes de madeira, auxiliam muito na preservação da estrutura, evitando a proliferação de manifestações patológicas.

Baseando-se nas vistorias realizadas nas três pontes de madeira do município de Tabaporã - MT, que foram realizadas em um período do ano onde ocorrem muitas chuvas, conclui-se que a ponte de vistoria 2 recebeu manutenções e não apresentava riscos estruturais.

Já nas pontes de vistorias 1 e 3, as manifestações patológicas encontradas são comuns entre elas, observando a presença de fungos, insetos, fendas, desgastes, vegetações e acúmulo de sujeiras, manifestações estas que se dão principalmente pelo meio onde estão expostas. É possível constatar que as pontes estão inseridas em locais de muita umidade e de contato direto com água e radiação solar, além disso, a região apresenta um período no ano com muitas chuvas o que causa o encharcamento das peças e outro de muita seca, retraindo as madeiras.

Para a recuperação das pontes 1 e 3, é necessário que se faça uma limpeza, tirando todo o acúmulo de sujeira e as vegetações presentes, fazer a substituição de algumas peças que perderam a resistência mecânica, inserir travamentos no rodeio para não ocorrer o deslizamento das peças e realizar a aplicação de impermeabilizante em toda estrutura, garantindo a proteção contra as intempéries.

Portanto, o estudo apresentou a importância da realização das vistorias, para um diagnóstico mais assertivo, e com ele a realização de um planejamento de manutenções para a obra de arte em questão, garantindo a qualidade e segurança da estrutura ao longo da vida útil.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. A. L. **A madeira como material estrutural – Projeto da estrutura da cobertura de um edifício. 310 f.** Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto. Portugal, 2012.

ALVES, E. V.; ALMEIDA, S. M. F.; JUDICE, F. M. S. **Métodos de análise estrutural de tabuleiros de pontes em vigas múltiplas de concreto protendido.** Universidade Federal Fluminense, ENGEVISTA, 2004.

ANDRADE, T.; SILVA, A. J. C. **Patologia das Estruturas.** In: ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.). Concreto: ensino, pesquisa e realizações. São Paulo: IBRACON, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190: **Projeto de estruturas de madeira.** Rio de Janeiro, 1997.

BORSATTI, D. S. **Subsídios para o diagnóstico das patologias de pontes de madeira do município de Ampére- PR.** Trabalho de conclusão de curso, Universidade Tecnológica Federal Do Paraná Departamento Acadêmico de Engenharia Curso de Engenharia, 2013.

BRANCO, F. (Coord.). et al. **Diagnóstico e Patologia de Construções em Madeira.** 132 f. Instituto Superior Técnico DE Civil. Apoio do Programa Operacional Sociedade da Informação POSI. 2012. Disponível em: <http://www.civil.ist.utl.pt/~joaof/ad/07%20-%20Madeira-patologia%20e%20inspec%C3%A7%C3%A3o%20-%20PB.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2022.

BRANDES, M. **Análise das manifestações patológicas do centro de atenção psicossocial Ponta do Coral.** Trabalho de conclusão de curso, Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

BRASIL, F. A. B.; RIBEIRO, H. C. B.; MALTA, J. F. R.; REIS, L. A.; DEUS, T. L. **Patologias bióticas em estruturas de madeira: estudo de caso em edificação residencial localizada no**

bairro São João Batista, BH/MG. Trabalho de conclusão de curso, Centro Universitário UNA, Belo Horizonte, 2021.

BRITO, L. D. **Patologia em estruturas de madeira: metodologia de inspeção e técnicas de reabilitação.** Tese para obtenção do grau de Doutor em Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

CALIL JUNIOR, Carlito et al. **Manual de projeto e construção de pontes de madeira.** Universidade de São Paulo, Laboratório de Madeira e de Estruturas de Madeira. São Carlos, 2006.

COSTA, B. P. D.; BESSA, F. C. **Concepção e dimensionamento de pontes em madeira roliça para estradas vicinais na região sudoeste do Paraná.** Trabalho de conclusão de curso – Departamento acadêmico de construção civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2013.

COSTA, C. M. R. **Análise numérica e experimental do comportamento estrutural de pontes em arco de alvenaria de pedra.** Dissertação para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Portugal, 2009.

COSTA, G. F.; SOUZA, V. H. **Conservação e manutenção de pontes e de obras de arte especiais.** Gestão, Tecnologia e Inovação 2 (2) 2021 - Revista eletrônica dos Cursos de Engenharia.

FIGUEROA, M. J. M.; MORAES, P. D. **Comportamento da madeira a temperaturas elevadas.** 19 f. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Manuel_Manriquez2/publication/239932340_Comportamento_da_madeira_a_temperaturas_elevadas/links/55007f390cf2d61f820dcd56/Comportamento-da-madeira-a-temperaturas-elevadas.pdf. Acesso em: 06 nov. 2022.

HAACK, M. **Aplicações de técnicas de inspeção em pontes de madeira do município de Cunha Porã - SC.** Trabalho de conclusão de curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS. **Tipos de madeira: diferenças entre a madeira nobre e a madeira comum.** Disponível em: <https://www.ibflorestas.org.br/>. Acesso em: 08 set. 2022.

LOPES, F. P.; PEREIRA, P. M.; HAMAYA, R. M. **Análise da contaminação em resíduos de madeira na construção civil.** Trabalho de conclusão de curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

MACHADO, J. S.; DIAS, A.; CRUZ, H.; CUSTÓDIO, J.; PALMA, P. **Avaliação, Conservação e Reforço de Estruturas de Madeira.** 1ª edição, ISBN: 9789896420659. Editora Verlag Dashöfer. Portugal, 2009.

MANERA, R. S. **Ponte com estrutura aperticada de madeira roliça.** Dissertação para obtenção do título de mestre em Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2012.

MELLO, R. L. **Projetar em madeira: uma nova abordagem.** Dissertação para obtenção do título de mestre em arquitetura, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

MONTANA. **Biodeterioração e preservação de madeiras.** Montana Química S. A.2000. Publicação técnica.

MORESCHI, J. C. **Propriedades da madeira.** Apostila Ministério da Educação e do Desporto, Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

PARMA, A. P.; ICIMOTO, F.H. **Patologias em estruturas de madeira ocasionadas por agentes bióticos e abióticos.** Fortaleza, ano MMXVIII, Nº. 000141, 14/11/2018. Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/artigo/patologias-em-estruturas-de-madeira-ocasionadas-por-agentes-bioticos-e-abioticos>. Acesso em 10 set. 2022.

PEREIRA, M. **Análise das manifestações patológicas em uma edificação residencial na fase de execução iniciando a fase de acabamentos.** Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria RS, 2021.

SARTORTI, A. L. **Identificação de patologias em pontes de vias urbanas e rurais no município de Campinas-SP.** Dissertação para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Campinas, 2008.

SEROR, B. C. T.; JESUS, J. M. H.; LOGSDON, N. B. **Pontes de madeira em Mato Grosso: alternativas às tipologias usuais.** Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 2012.

SINFRA. **Programa de pontes.** 2021. Disponível em: https://www.sinfra.mt.gov.br/documents/363190/13137730/Caderno+Orienta%C3%A7%C3%A3o+Programa+PONTES_v9+10.03.2021.pdf/e1c42533-0462-b3f0-c286-98616abfdab6#:~:text=Atualmente%20existem%202.501%20pontes%20em,sob%20responsabilidade%20dos%20141%20munic%C3%ADpios. Acesso em 05 jul. 2023.

STEFEL, C.; MORO, D. **Dimensionamento de uma ponte de madeira para regiões rurais.** Trabalho de conclusão de curso – Departamento acadêmico de construção civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

VITÓRIO, J. A. P. **Um estudo comparativo sobre métodos de alargamento de pontes rodoviárias de concreto armado, com a utilização das normas brasileiras e Eurocódigos.** Tese para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Portugal, 2013.

VITÓRIO, J. A. P. **Pontes metálicas e mistas – Tópicos de conservação, danos e reforços estruturais.** Recife PE, 2015.

WINKEL, R. L. **Análise das manifestações patológicas em pontes na cidade de Teutônia/RS.** Monografia, Universidade do Vale do Taquari, Lajeado RS, 2019.