



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

DANIEL ADER DA SILVA SANTOS

**AVALIAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS POR TÉCNICAS NÃO
DESTRUTIVAS (NDT): INSPEÇÕES NAS PONTES RURAIS NO MUNICÍPIO
DE ALEGRE - ES**

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2023

DANIEL ADER DA SILVA SANTOS

**AVALIAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS POR TÉCNICAS NÃO
DESTRUTIVAS (NDT): INSPEÇÕES NAS PONTES RURAIS NO MUNICÍPIO
DE ALEGRE - ES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.
Orientador: Fabricio Gomes Gonçalves
Coorientador: Pedro Gutemberg de Alcântara Segundinho

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2023

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de
Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

S237a Santos, Daniel Ader da Silva Santos, 1979-
Avaliação de manifestações patológicas por técnicas não destrutivas (NDT): Inspeções nas pontes rurais no Município de Alegre - ES / Daniel Ader da Silva Santos Santos. - 2023.
99 f. : il.

Orientador: Fabricio Gomes Gonçalves Gonçalves.
Coorientador: Pedro Gutemberg de Alcântara Segundinho Segundinho.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) -
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.

1. Qualidade da madeira. 2. Conservação. 3. Manutenção. 4. Resistógrafo. 5. Ultrassom. I. Gonçalves, Fabricio Gomes Gonçalves. II. Segundinho, Pedro Gutemberg de Alcântara Segundinho. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. IV. Título.

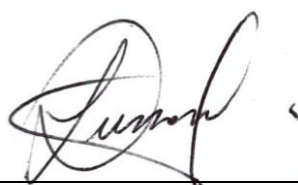
CDU: 630

**AVALIAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS POR TÉCNICAS NÃO
DESTRUTIVAS (NDT): INSPEÇÕES NAS PONTES RURAIS NO
MUNICÍPIO DE ALEGRE - ES**

Daniel Ader da Silva Santos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

Aprovada em 17 de Julho de 2023.



Dr. Leandro Dussarrat Brito (Examinador externo)
Engenheiro Civil - Pesquisador



Dr^a. Izabella Luzia Silva Chaves (Examinadora externa)
Engenheira Florestal - Pesquisadora



Prof. Dr. Fabricio Gomes Gonçalves (Orientador)
Universidade Federal do Espírito Santo

AGRADECIMENTOS

A Deus toda honra e toda glória, pelo dom da vida, saúde, sabedoria e proteção ao longo desta jornada.

A minha família pelo apoio incondicional durante toda a minha trajetória acadêmica. Em especial a minha esposa e filha, Vanessa e Esther por sempre estarem ao meu lado acreditando na realização desse sonho.

A Ufes, especialmente ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, pela minha formação profissional, oportunidades e pela estrutura para a realização desta pesquisa.

A Prefeitura Municipal de Alegre pela parceria e por acreditar no potencial desse trabalho.

Ao meu orientador Prof. Fabricio Gomes Gonçalves pela receptividade, dedicação a realização deste trabalho.

Ao meu coorientador Prof. Pedro Gutemberg de Alcântara Segundinho pela dedicação a realização deste trabalho.

Ao discente Antônio Thiago Soares de Almeida pela ajuda nas análises de campo.

RESUMO

SANTOS, Daniel Ader da Silva. **Avaliação de manifestações patológicas por técnicas não destrutivas (NDT): Inspeções nas pontes rurais no município de Alegre - ES.** 2022. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Orientador: Prof. Dr. Fabricio Gomes Gonçalves. Coorientador: Prof. Dr. Pedro Gutemberg de Alcântara Segundinho.

Em qualquer projeto estrutural de uma ponte de madeira, é necessário o conhecimento do tipo de material que está sendo usado em sua construção ou para sua manutenção, seja ela preventiva ou corretiva. Esse conhecimento é importante, pois, é por meio dele que se determina o tipo de tecnologia e equipamentos a serem utilizados para uma análise, tanto física, como mecânica, a fim de avaliar a sanidade das peças estruturais. Corroborando para uma considerável redução em manutenções corretivas, decorrente da eficiência no emprego da inspeção visual, resistografia e ultrassonografia como aliadas à manutenção preventiva. Dentre inúmeros métodos utilizados em estruturas de madeira já edificadas e de grande porte se destacam os métodos de análise de resistência à perfuração por meio do resistógrafo e o de ultrassonografia utilizando o ultrassom, métodos esses, que não necessitam da retirada da peça do local para realizar a análise. Tanto o resistógrafo como o ultrassom são equipamentos de simples aplicação e de grande eficiência para análise mecânica e física em uma estrutura de madeira, possibilitando estimar a resistência à perfuração da madeira e a qualidade da peça estrutural em estudo, evitando sua substituição ou ruptura inesperada. Na região sul do estado do Espírito Santo, mais precisamente no município de Alegre e seus distritos, existe uma grande quantidade de pontes de madeira em plena utilização, mas em sua maioria, em estado crítico de conservação pela ausência de avaliações e manutenções periódicas preventivas. Fato esse, que colabora em sua maior parte, em manutenção corretiva, que por sua vez, gera despesas públicas e prejudica os produtores rurais que necessitam das pontes para escoar suas produções, além de insegurança no transporte escolar e de outras pessoas que fazem uso de tais estruturas para o seu desenvolvimento.

Palavras-chave: Qualidade da madeira, conservação, manutenção, resistógrafo, ultrassom.

ABSTRACT

SANTOS, Daniel Ader da Silva. **Evaluation of pathological manifestations by non-destructive techniques (NDT): Inspections on rural bridges in the city of Alegre - ES.** 2022. Dissertation (Master's Degree in Forest Sciences) – Federal University of Espírito Santo, Jerônimo Monteiro – ES. Advisor: Prof. D. Sc. Fabricio Gomes Gonçalves. Co-advisor: Prof. D. Sc. Pedro Gutemberg de Alcântara Segundinho.

In any structural project of a wooden bridge, it is necessary to know the type of material that is being used in its construction or for its maintenance, whether preventive or corrective. This knowledge is important, because it is through it that the type of technology and equipment to be used for an analysis, both physical and mechanical, is determined in order to obtain the sanity of the structural parts. Corroborating a considerable reduction in corrective maintenance, due to the efficiency in the use of visual inspection, resistography and ultrasound as allied to preventive maintenance. Among numerous methods used in already built and large wooden structures, the methods of analysis of resistance to penetration by means of the resistograph and the ultrasonography using ultrasound stand out, these methods, which do not require the removal of the piece from the site to carry out the analysis. Both the resistograph and the ultrasound are equipment of simple application and of great efficiency for mechanical and physical analysis in a wooden structure, making it possible to determine the resistance and quality of the structural part under study, avoiding its replacement or unexpected rupture. In the southern region of the state of Espírito Santo, more precisely in the municipality of Alegre and its districts, there is a large number of wooden bridges in full use, but most of them are in a critical state of conservation due to the lack of analysis in preventive maintenance. This fact, which collaborates for the most part, in corrective maintenance, which in turn, generates public expenses and harms rural producers who need bridges to transport their production, in addition to insecurity in school transport and other people who make use of such structures for their development.

Keywords: Wood quality, Conservation, Maintenance, Resistograph, Ultrasound.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVO GERAL	10
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	11
4.1 A madeira e suas propriedades.....	11
4.1.1 Propriedades físicas e mecânica da madeira.....	12
4.2 Deterioração da madeira.....	14
4.2.1 Agentes deterioradores da madeira.....	14
4.2.2 Agentes bióticos.....	14
4.2.3 Agentes abióticos.....	15
4.3. PONTES COMO ELEMENTOS CONTRUTIVOS.....	15
4.4. CLASSIFICAÇÃO DAS PONTES.....	16
4.4.1 Classificação de acordo com a extensão do vão (total).....	16
4.4.2 Segundo a durabilidade.....	16
4.4.3 Segundo a natureza do tráfego.....	17
4.4.4 Segundo o desenvolvimento planimétrico e altimétrico.....	17
4.4.5 Segundo o material da superestrutura.....	18
4.5 TÉCNICA DE INSPEÇÃO EM ELEMENTOS ESTRUTURAIS E CONSTRUTIVOS.....	18
4.5.1 Técnicas de inspeção visual em pontes com viga de madeira roliça.....	20
4.5.2 Método de identificação do gênero da madeira.....	21
4.5.3 Técnica não destrutivo (NDT): Resistografia.....	21
4.5.4 Técnica não destrutivo (NDT): Ultrassonografia.....	23
5. METODOLOGIA.....	26
5.1 Local de estudo.....	26
5.1.1 Divisão das áreas de estudo e georreferenciamento das pontes.....	27
5.1.2 Identificação das pontes.....	28
5.2 Coleta de amostras para identificação do gênero.....	29
5.3. Técnicas não destrutivas (NDT).....	30
6. AVALIAÇÕES “IN LOCO”, RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	33
6.1 Pontes georreferenciadas.....	33

6.2 Inspeção visual.....	35
6.3 Identificação do gênero da madeira.....	36
6.4 Avaliações qualitativas com resistografia: inspeções em longarina de madeira.....	37
6.5 Avaliações qualitativas com ultrassonografia: inspeções em longarina de madeira.....	49
7. CONCLUSÕES.....	51
8. REFERÊNCIAS.....	52
APÊNDICE A – FICHAS DE INSPEÇÃO POR QUADRANTE: AVALIAÇÃO VISUAL E CADASTRO DAS PONTES SUBMETIDAS AOS ENSAIOS TECNOLÓGICOS NO MUNICÍPIO DE ALEGRE.....	60
APÊNDICE B – IMAGENS FOTOGRÁFICA DAS PONTES POR QUADRANTE.....	80

1. INTRODUÇÃO

Em decorrência de estudos realizados ao longo dos anos, a madeira passou a ser mais utilizada como elemento estrutural no Brasil, tornando-se mais competitiva em relação a outros materiais, utilizados como componentes estruturais (concreto e o aço). Outro fator relevante é que a madeira é multifuncional. As peças roliças de madeira são empregadas em edificações rurais, pontes, passarelas, defensas e postes de linha de transmissão de energia elétrica, destacam-se como opção a este desafio, por conciliar aspectos de sustentabilidade social, econômica e ambiental (CALIL JÚNIOR; BRITO, 2010).

Até o Século XVI, o principal papel das pontes de madeira era em construções provisórias, por serem frágeis aos agentes atmosféricos como, radiação ultravioleta, umidade relativa, precipitação e vento. Em meados da segunda metade do Século XIX, o ferro, aço e concreto armado passaram a substituir a madeira. Contudo, nas últimas décadas, vários países da Europa voltaram a empregar a madeira nas edificações e em especial em pontes, pela renovabilidade e sustentabilidade da madeira representa (LIUZZI, 2020).

O avanço das pontes de madeira pode ser dividido historicamente em quatro períodos sendo eles: pré-história no decorrer da idade média, na idade média até o século XVIII de 1000 à 1800, no século XIX de 1800 à 1900 e durante o século XX e XXI períodos a evolução na concepção dos projetos e construção das pontes de madeira, andaram em paralelo com à evolução industrial e cultural da humanidade. Visto que, os antigos utilizavam troncos de madeira para transpor obstáculos (RITTER, 1990). O mesmo autor menciona que no decorrer dos séculos XVII à XX a ciência teve um grande avanço tecnológico no sistema construtivo envolvendo desenhos de madeira, laminação e tratamentos preservativos.

A Norma Brasileira NBR 7190-1 (ABNT, 2022), estabelece que toda estrutura de madeira deve ser projetada e construída de modo a satisfazer os requisitos básicos de segurança, devendo permanecer adequada ao uso previsto e suportando todas as ações durante a sua utilização.

Ainda que a madeira seja propensa ao apodrecimento e ao ataque de insetos sob condições específicas, ela pode se tornar um material mais duradouro quando associada a preservativos, com durabilidade superior a 50 anos ou mais (CALIL JUNIOR et al, 2006; CALIL JÚNIOR; BRITO, 2010).

Várias situações culminam a necessidade de avaliar a condição das construções de madeira, abrangendo sua segurança e facilidade de manutenção, sendo indispensável conhecer as propriedades mecânicas dos componentes, juntamente com uma descrição detalhada de seus defeitos ou degradação (KLOIBER et al., 2015). Assim, é importante a avaliação periódica das condições das peças de madeira utilizadas nas estruturas, substituindo ou restaurando se necessário, com o intuito de evitar falhas estruturais e substituições desnecessárias (ROSS, 2006).

Para avaliar a qualidade da madeira, a utilização de ferramentas de amostragem não destrutiva torna-se importante. Os métodos não destrutivos permitem inspecionar as estruturas sem a necessidade de retirada de amostras, sendo mais recomendados, quando comparados aos métodos destrutivos (GUPTA et al., 2022; NIEMZ; MANNES, 2012; ROSS, 2006; SENALIK, WALKER, WANG, 2022; SOUZA et al., 2023).

O desenvolvimento deste trabalho busca realizar o diagnóstico das pontes de madeira localizadas no município de Alegre, sul do Estado do Espírito Santo, por meio de avaliações com técnicas não destrutivas (NDT), de resistografia e ultrassonografia.

2. OBJETIVOS GERAL

Neste trabalho, o objetivo foi mapear, inspecionar e avaliar as condições estruturais das pontes de madeira existentes no município de Alegre-ES, por meio de técnicas de inspeção visual, resistografia e ultrassonografia, visando contribuir junto à administração pública para o correto monitoramento das pontes, e assim, objetivando a segurança dos usuários e a conservação das mesmas.

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conhecer as classes e os tipos de pontes de madeira.
- Entender os sistemas estruturais e construtivos.
- Analisar quais os tipos de inspeções e métodos existentes para avaliação das condições estruturais para elementos de madeira.
- Fazer o levantamento das pontes de madeira do município de Alegre e seus distritos.

- Mapear as pontes por meio do georreferenciamento.
- Identificar anomalias ou falhas nas estruturas, listando-as em uma ficha de inspeção.
- Avaliar a sanidade dos elementos estruturais das pontes de madeira.
- Realizar ensaios tecnológicos nas pontes visando identificar sua sanidade estrutural.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 A madeira e suas propriedades

A madeira, sendo um dos materiais mais utilizado pela humanidade está diretamente ligada as suas atividades, como na construção, transporte e agricultura. Por ser um material de fácil manipulação, versátil, sempre foi utilizada pelo homem, assim, proporcionando crescimento de seu uso na construção de estruturas, como, pontes, silos e telhados (CHRISTOFORO et al., 2013).

Destaca-se, que a madeira além de ser um material que possui múltiplas aplicações, é naturalmente renovável e uma matéria-prima de fácil obtenção, sendo quase metade do território brasileiro coberto por florestas. Quando manipulada com o uso da tecnologia e com o manejo correto, as florestas são protegidas de desastres naturais causados por fogo, erosões, insetos e doenças, o que irá garantir o seu bom desenvolvimento e qualidade. Conforme as árvores mais velhas vão sendo extraídas, há uma substituição por árvores novas, mantendo o ciclo de abastecimento de madeira para as futuras gerações (BORRELLO et al., 2023; CALIL JÚNIOR, BRITO, 2010).

A madeira é um material naturalmente renovável e grande aliada na disseminação e conscientização de uma mentalidade de construção mais sustentável, pela sua facilidade de ser reutilizada, representando um ciclo fechado, desde o seu crescimento, utilização e reciclagem. Além de ser capaz de acumular parte do CO₂ durante seu ciclo de crescimento (KROMOSER et al., 2022; SINGH et al., 2022; SOIMAKALLIO et al., 2022).

Como material estrutural, a madeira é utilizada desde o princípio das civilizações, pelas suas propriedades, quando comparadas a outros materiais utilizados na construção, ela se difere pela sua boa resistência, leveza e por ser

naturalmente renovável, alterando suas características, segundo a espécie, origem e até mesmo dentro de uma espécie e indivíduo (RACERO et al., 2015).

A madeira é um material de grande utilização na construção de pontes no Brasil, sendo elas consideradas uma excelente opção para a zona rural, capaz de resistir a sobrecargas de curta duração sem grandes efeitos prejudiciais (CALIL JÚNIOR, 2010; LOSKE, MUENCH, 2023).

Porém, a madeira pode ser atacada por agentes que causam ou promovem sua deterioração, alterando suas propriedades (CALIL JÚNIOR et al., 2006). Ao longo do tempo, os materiais se deterioram, reduzindo sua capacidade resistente, sendo necessário a realização de vistorias periódicas preventivas devido a danos provocados por agentes bióticos e/ou agentes abióticos, e pelo tempo (MILANI, KRIPKA, 2012; PARRA, GALVÃO, SILVA, 2022). A sensibilidade à degradação não inviabiliza seu uso.

A madeira também é uma opção para construções sustentáveis, por ser um material com baixa energia incorporada na sua formação e processamento (ROSS, 2006).

4.1.1 Propriedades físicas e mecânicas da madeira

Para uma correta utilização da madeira é necessário conhecer sua qualidade e suas propriedades tecnológicas, uma vez que, elas estão diretamente ligadas aos métodos de utilização (GONÇALVES; LELIS, 2012; FRANÇA et al., 2015).

Constituída em três planos estruturais (longitudinal, radial e tangencial), a madeira possui características distintas, cada uma delas possui suas propriedades anatômicas, físicas e mecânicas distintas, intrínseca à madeira (TOONG et al., 2014).

As propriedades físicas da madeira são características quantitativas, onde seu comportamento altera às influências externas além das forças aplicadas (JAMALA et al., 2013). São vários os fatores que contribuem com a redução da integridade física das estruturas de madeira, como deformações causadas pelo excesso de carga, formação de fissuras, em decorrência da retração e inchamento do material, deteriorações causadas por fungos apodrecedores e por insetos (ABREU et al., 2013).

As propriedades físicas e mecânicas relativas à madeira contribuem para sua aplicação em usos que vão desde os acabamentos de interiores, às grandes

estruturas, como pavilhões, coberturas e pontes, apresentando inúmeras vantagens ambientais (MARQUES, 2008).

De tal modo, como ocorre em todo tipo de material utilizado na construção civil, a madeira utilizada como peça estrutural, deve ser classificada de acordo com suas propriedades físicas e mecânicas (SEGUNDINHO et al., 2012). A escolha da espécie florestal é um dos critérios mais importantes conforme o tipo de uso.

Para que se tenha um desempenho esperado é necessário definir os critérios de qualidade da madeira, como, propriedades físicas e mecânicas, durabilidade natural, tratabilidade com produtos preservativos e fixação mecânica. Assim, quando identificada a espécie lenhosa, pode se buscar informações na bibliografia, a fim, de conhecer melhor a matéria-prima a ser utilizada (CALIL JÚNIOR et al., 2006).

Utilizando-se normas específicas é possível avaliar as propriedades físicas da madeira e assim, classificá-las segundo as classes de resistência por meio de ensaios laboratoriais, como também, analisar suas propriedades mecânicas (SEGUNDINHO et al., 2021).

A ABNT NBR 7190-1 (ABNT, 2022), determina por meio de ensaios as propriedades da madeira utilizada para projeto de estruturas, tendo em vista a caracterização completa. Além disso, contém métodos para determinação de outras propriedades da madeira, que servem exclusivamente como elementos comparativos das resistências entre diferentes espécies.

A determinação das características tecnológicas da madeira com o uso de análises feitas por técnicas não destrutivas é uma importante ferramenta para o conhecimento da alterabilidade entre indivíduos e a caracterização do material. Diante disso, os setores industriais e florestais vem se utilizando cada vez mais dessas técnicas (NDT) (GOUVÊA et al., 2011).

A utilização de métodos não destrutivos (NDT) na classificação da madeira em pátios de serraria são capazes de proporcionar aumento de valor do produto de forma rápida e simples, bem como, oferecer maior segurança no uso das peças de madeira estruturais. Sendo também, uma boa ferramenta na classificação das peças em uma indústria madeireira (ALMEIDA, 2012).

4.2 Deterioração da madeira

A deterioração de componentes de madeira manifesta-se em detrimento da ação de agentes bióticos de biodeterioração e agentes abióticos de deterioração, aos quais este material é sujeito ao longo da sua vida. No que se refere aos agentes biológicos, um grande aliado no aumento da deterioração da madeira é o contato com a água ou a umidade do ambiente elevada, no sentido em que estes só atacam a madeira quando o seu teor de umidade atinge determinados valores (Cruz, 2001).

O processo de deterioração da madeira em detrimento dos resultados de ações de agentes biológicos, físicos, químicos ou mecânicos, estão ligadas as situações de agressividades ambientais em que o elemento fica exposto ao longo de sua vida útil, resultando na alteração de suas propriedades (CALIL JÚNIOR et al, 2006; MILANI, KRIPKA, 2012; CALIL JÚNIOR, BRITO 2010; BRITTO, 2014).

4.2.1 Agentes bióticos e abióticos da madeira

Estruturas de madeira deterioram-se em função da ação de agentes bióticos e abióticos aos quais o elemento de madeira fica exposto ao longo de sua vida (MORESCH, 2013).

Os agentes bióticos deterioram a madeira utilizando seus componentes como fonte de energia, bem como para abrigo, já os agentes abióticos atuam em conjunto, favorecendo na aceleração do processo de deterioração (VIVIAN et al., 2015).

4.2.2 Agentes bióticos

Os principais agentes bióticos (vivos) responsáveis pela biodeterioração em elementos de madeira se destacam os fungos, insetos (térmitas-de-madeira, brocas-de-madeira, formigas-carpinteiras e abelhas-carpinteiras) e os xilófagos marinhos. Para que estes organismos sobrevivam e se proliferem, o ambiente precisa estar em condições favoráveis, tais como: temperatura, oxigênio, umidade e fonte adequada de alimento, geralmente a madeira (CALIL JÚNIOR et al., 2006; CALIL JÚNIOR, BRITO, 2010).

Dentre os agentes biológicos, os mais agressivos no processo de biodeterioração da madeira estão os fungos, devido a sua capacidade rápida de proliferação (MORESCH, 2013; STANGERLIN et al., 2013).

4.2.3 Agentes abióticos

Os agentes abióticos (não vivos), são provenientes da ação do sol (luz ultravioleta), corrosão de componentes metálicos, abrasão mecânica, impacto, ação pelo fogo e produtos químicos (BRITO, 2013b).

A familiaridade do inspetor com os agentes de deterioração é uma das atribuições mais importantes para uma inspeção de peças estruturais de madeira, proporcionando uma abordagem de forma mais profunda aos processos envolvidos na deterioração e de quais fatores favorecem ou inibem seu desenvolvimento (RITTER, MORRELL, 1990).

4.3 PONTES COMO ELEMENTOS CONTRUTIVOS

Segundo (MARCHETTI, 2018), as pontes são obras de arte destinadas a permitir a ligação entre dois pontos com obstáculos, sejam eles rios, vales profundos, entre outros, pode classificá-las segundo sua extensão, sua durabilidade, a natureza do tráfego, seu desenvolvimento planimétrico, altimétrico e material empregado.

Desde os tempos pré-históricos houve a necessidade de construir pontes, seja para ultrapassar obstáculos devido as características do terreno, com o intuito de proporcionar o deslocamento entre populações de divisas para o livre comércio e contato entre si (CUCCO, 2022).

As pontes exercem funções diversas junto a sociedade, uma vez que, conectam pessoas e povos, interligando cidades, estados e até mesmo países, possibilitando o seu desenvolvimento econômico e cultural, dilatar fronteiras nacionais e até mesmo internacionais (MILANI, 2012), por meio da geração de empregos, sobretudo no meio rural com o escoamento de produtos agrícolas, pecuária e mineral.

A definição de ponte segundo o Departamento Nacional de Trânsito (BRASIL, 2004), é que se trata de uma estrutura edificada por cima de uma depressão ou um obstáculo, tal como a água, sustentando uma pista para passagem de veículos e

outras cargas móveis, tendo um vão livre superior a seis metros, medido ao longo do eixo da rodovia.

O avanço da ciência proporcionou novas descobertas, novas tecnologias e a utilização de novos materiais que revolucionaram os sistemas estruturais e construtivos, como a técnica de construção em arco. Posteriormente, a introdução do aço e do concreto armado. Porém, a madeira quando adequadamente utilizada sempre foi o material com potencial para a construção de pontes, pois estava disponível em abundância e era um recurso natural e altamente renovável. Porém, quando não utilizada adequadamente pode ficar sujeita a biodeterioração (CUCCO, 2022).

O uso de madeira em pontes de madeira tem muitos benefícios, incluindo o fato de que a madeira é um recurso naturalmente renovável e sustentável, as pontes de madeira costumam ser mais econômicas do que as pontes de aço e concreto e podem ser instaladas facilmente em ambientes rurais (BRASHAW et al., 2008).

As pontes de madeira, no decorrer do tempo e com o avanço da tecnologia, foram se tornando mais robustas e assumindo diferentes tipos de formas com a função de vencer maiores vãos (CUCCO, 2022).

4.4 CLASSIFICAÇÃO DAS PONTES

Para a classificação das pontes leva-se em consideração alguns requisitos, tais como: a classificação do tráfego, material empregado em sua construção e processo construtivo (MILANI, 2012).

Como critério de classificação das pontes, (Marchetti, 2018) estipula alguns critérios, os quais são descritos a seguir.

4.4.1 Classificação de acordo com a extensão do vão (total)

- Vão de até 2 metros: Bueiros;
- Vão de 2 a 10 metros: Pontilhões;
- Vão maior que 10 metros: Ponte

4.4.2 Segundo a durabilidade:

Pontes permanentes: Construídas em caráter definitivo;

- Pontes Provisórias: Construídas com duração limitada;
- Pontes Desmontáveis: Construídas com duração limitada e podendo ser reaproveitada.

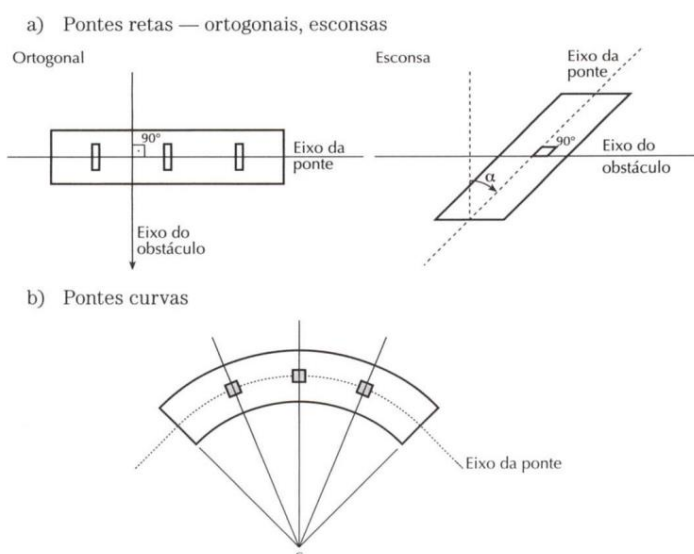
4.4.3 Segundo a natureza do tráfego

- Pontes rodoviárias (viadutos);
- Pontes para pedestres (passarelas);
- Pontes aqueduto;
- Pontes mistas;
- Pontes ferroviárias (viadutos);
- Pontes de canal;
- Pontes aeroviárias.
- Pontes sobre cursos d'água (rios, lagos, manguezais, regiões sobre o mar, etc.)

4.4.4 Segundo o desenvolvimento planimétrico e altimétrico

No desenvolvimento do traçado em planta, as pontes podem ser classificadas como: retas (ortogonais ou esconsas) e curvas (Figura 1).

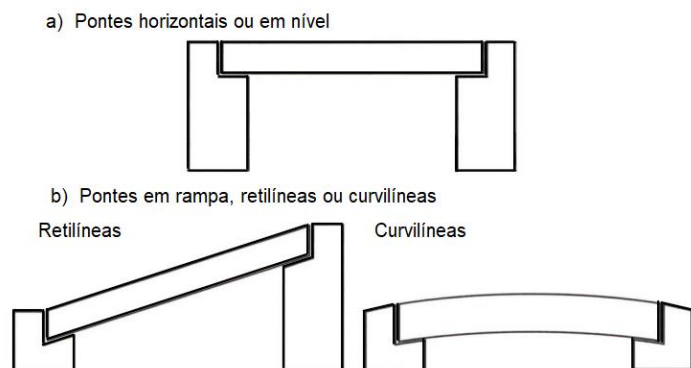
Figura 1. Classificação das pontes segundo o desenvolvimento planimétrico.



Fonte: MARCHETTI (2018).

Quando considerado a projeção do eixo da ponte em plano vertical, as pontes se classificam em retas ou em curva (Figura 2).

Figura 2. Ilustração de corte em pontes horizontais, em rampa retilíneas e curvilíneas.



Fonte: MARCHETTI (2018).

4.4.5 Segundo o material da superestrutura

Podem ser aplicados diversos tipos de materiais em sua construção, assim como: madeira, pedras, tijolos, concreto, aço ou o emprego dos dois (mistas), assim, sendo classificadas em:

- Pontes de madeira;
- Pontes mistas madeira e concreto;
- Pontes de alvenaria (pedras, tijolos);
- Pontes de concreto armado;
- Pontes de concreto protendido;
- Pontes de aço;
- Pontes mistas de aço e concreto.

4.5 TÉCNICA DE INSPEÇÃO EM ELEMENTOS ESTRUTURAIS E CONSTRUTIVOS

A vida útil de uma estrutura pode ser abreviada em função de vários fatores, sejam eles, erros de projetos, problemas construtivos, que desencadeiam anomalias ou ataques biológicos (COSTA, 2009).

Os métodos de inspeção em estruturas de madeira são dependentes de algumas variáveis como sua idade, sistema estrutural, tipos de materiais utilizados e

o nível de agressividade do ambiente em que os elementos foram construídos. Exigindo do inspetor uma inspeção minuciosa dos elementos estruturais, quanto aos tipos de agentes deterioradores, seus níveis de biodeterioração e demais danos, bem como, registrar os resultados com riqueza de detalhes para uma avaliação tecnológica (BRITO, 2014).

A Norma Brasileira NBR 5674 (ABNT,1999), caracteriza inspeção como a avaliação do estado da edificação e de suas partes constituintes, realizada para orientar as atividades de manutenção. Já outra Norma Brasileira, a NBR 9452 (ABNT, 2016), denomina que para inspeções em pontes e viadutos de concreto, são considerados quatro tipos:

- 1) inspeção cadastral;
- 2) inspeção rotineira;
- 3) inspeção especial;
- 4) inspeção extraordinária.

Diante do exposto, buscou-se na literatura por técnicas não destrutivas (NDT) para inspeção, utilizadas para investigação de eclosões patológicas em estruturas de madeira (Quadro 1).

Quadro 1: Técnicas de inspeção em estruturas de madeira.

TÉCNICAS DE INSPEÇÃO (IN LOCO) EM ESTRUTURAS DE MADEIRA			
Matriz	Inspeção superficial de deterioração na madeira	Inspeção interna de deterioração na madeira	AUTOR
Componentes de madeira de estruturas à beira-mar	▪ Técnica de inspeção visual	▪ Percussão (interpretação sonora com martelo) ▪ Sondagem superficial com picoteamento ▪ Perfuração com análise tátil/visual ▪ Perfuração com trado de amostragem	HIGHLEY, SCHEFFER (1989)
Pontes de madeira	▪ Técnica de inspeção visual ▪ Sondagem superficial ao puncionamento ▪ Sondagem superficial com picoteamento ▪ Medidor de densidade superficial por meio do Pilody	▪ Percussão (interpretação sonora com martelo) ▪ Medidor de umidade ▪ Medidor de condutividade elétrica ▪ Perfuração com análise tátil/visual ▪ Indicador de profundidade Shell-Depth ▪ Ultrassom ▪ Raio-X ▪ Scanners de tomografia	RITTER (1990)
Estrutura de madeira	▪ Técnica de inspeção visual geral ▪ Técnica de inspeção visual detalhada	▪ Endoscopia ▪ Termografia ▪ Raio-X ▪ Raio-gama ▪ Tomografia computadorizada ▪ Ressonância magnética ▪ Propriedades vibracionais ▪ Emissão acústica	BONAMINI (1995)

		▪ Ondas de tensão ▪ Medidor de densidade superficial ▪ Resistência à perfuração ▪ Transdutores de deslocamento ▪ Medidores de deslocamentos ▪ Ensaios de dureza ▪ Arrancamento de parafuso ▪ Ensaios estáticos ▪ Provas de carga	
Estrutura de madeira	▪ Técnica de inspeção visual ▪ Sondagem superficial ao punctionamento ▪ Sondagem superficial com picoteamento ▪ Percussão: interpretação sonora com martelo ▪ Perfuração com análise tátil/visual ▪ Medidor de umidade ▪ Endoscópio	▪ ultrassons ▪ métodos vibracionais induzidos ▪ Microperfuração controlada Resistograph ▪ Medidor de densidade superficial Pilodyn ▪ Gamma-densitometria ▪ Ractometro (equipamento para avaliação de amostras de trado) ▪ Identificação da espécie da madeira ▪ Detecção acústica de insetos xilófagos	ARRIAGA et al. (2002)
Estrutura de madeira	▪ Técnica de inspeção visual ▪ Cor ▪ Sondagem superficial ao punctionamento ▪ sondagem superficial ao picoteamento ▪ perfuração com análise tátil/visual ▪ Presença de defeitos	▪ Vibração transversal ▪ Ondas de tensão longitudinal ▪ Emissões acústicas ▪ Ultrassom ▪ Raio-x ▪ Perfuração com trado de amostragem ▪ Microperfuração controlada resistograph	PELLERIN, ROSS (2002)
Estrutura de madeira	▪ Técnica de inspeção visual ▪ Sondagem superficial ao punctionamento ▪ Sondagem superficial ao picoteamento ▪ Percussão: interpretação sonora com martelo ▪ Perfuração com análise tátil/visual ▪ Medidor de umidade ▪ Termohigrómetros	▪ Microperfuração controlada resistograph ▪ Medidor de densidade superficial ▪ Ultrassons ▪ Termografia ▪ Raio-X ▪ Emissão acústica	MACHADO et al. (2009)

Fonte: O autor.

4.5.1 Técnicas de inspeção visual em pontes com viga de madeira roliça

A inspeção visual compreende em levantar danos visíveis a olho nu em estruturas de madeira, podendo ser utilizado também equipamentos tecnológicos. A fim de identificar os sinais mais comuns de deterioração nos elementos estruturais e diagnosticar os sinais das manifestações patológicas, tais como: presença de

crescimento de hifas e/ou fungos; presença de manchas ou descolorimento; atividades de insetos, com presença de orifícios; presença de defeitos e flechas na estrutura (BRITO, 2013a).

A utilização de máquinas fotográficas digitais de alta resolução e com boa capacidade de armazenamento, contribui para o levantamento visual, uma vez que, consegue armazenar uma maior quantidade de fotos (BRITO, 2014).

Pode ser acrescentado a essa técnica, além das máquinas fotográficas de alta resolução, a utilização de binóculos, lunetas e/ou drones em situações em que as estruturas são de grande porte, impossibilitando ao inspetor acessar o seu ponto mais alto (BRITO, 2014).

4.5.2 Método de identificação do gênero da madeira

Conhecer a estrutura anatômica da madeira é, sem dúvida, uma importante ferramenta para sua identificação, como também, para seu emprego, visto que existe uma diversidade espécies existentes (ALVES et al., 2012; ZANATTA et al., 2018).

A identificação do arranjo anatômico da madeira pode ser realizada perante dois panoramas, sendo eles: macroscópico, quando são observadas as características da madeira a olho nu ou mediante uso de uma lupa ou lente de 10 vezes de aumento ou microscópico (FLORSHEIM et al., 2020). O método macroscópico de identificação em relação ao método microscópico, destaca-se pelo fato de utilizar instrumentos simples de pouca complexidade, proporcionando sua utilização em qualquer local (BOTOSSO, 2011).

4.5.3 Técnica não destrutiva (NDT): Resistografia

A avaliação não destrutiva é definida, como a ciência destinada a identificar as propriedades físicas e mecânicas de uma estrutura sem alterar suas características e/ou sua capacidade de uso, gerando informações relevantes sobre o material e, possibilitando conhecer suas propriedades, seu desempenho ou condição, garantindo assim, o seu melhor emprego (ROSS, 2015).

Com o passar do tempo de utilização, a madeira está sujeita a processos de deterioração, perdendo sua capacidade de resistência natural, exigindo uma inspeção

periódica. Entre os métodos de inspeção estão em destaque, os não destrutivos (DIJK et al., 2013).

A determinação das características tecnológicas da madeira mediante avaliações realizadas por técnicas não destrutivas é uma importante ferramenta para o conhecimento da alterabilidade entre indivíduos e a caracterização de material. Diante disso, os setores industriais e florestais vem se utilizando de técnicas não destrutivas (NDT) de avaliação, conforme mencionado por Gouvêa et al. (2011) e Olaove e Ojo (2022).

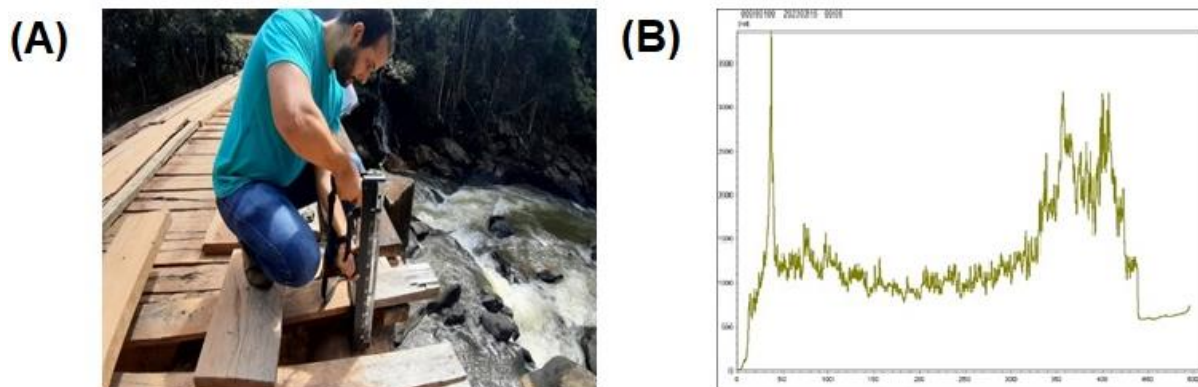
Durante a vistoria de uma estrutura, a utilização de Técnicas Não Destrutivas (NDT) possibilita identificar possíveis danos estruturais no material (SOUSA, 2013), capazes de identificar as propriedades físicas e mecânicas de uma peça de um tipo de material, sem comprometer seu desempenho, quanto ao seu uso (CALIL JÚNIOR, 2003).

Avaliar as características da madeira sem provocar danos ou diminuir seu potencial de uso, depende de técnica especiais não destrutivos como a resistografia, que é capaz de descrever a resistência a perfuração do perfil radial da madeira, que está diretamente relacionado à sua dureza e densidade (GONÇALVES et al., 2007; CHEN; GUO, 2016).

As técnicas não destrutivas podem ser realizadas com a utilização de equipamentos com menor custo e tamanho, comparando ao ensaio de flexão estática (CARREIRA, 2012). Segundo Targa (2005), as primeiras pesquisas relativas à aplicação de técnicas não destrutivas na determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira foram realizadas na década de 1950, nos Estados Unidos.

O resistógrafo é um equipamento que apresenta a amplitude em percentual de resistência à perfuração da madeira em relação a penetração de uma agulha inserida com movimentação constante em uma árvore (ROLLO et al., 2013), ou em elementos estruturais de construção de madeira, gerando um gráfico onde eixo x representa a distância percorrida pela agulha no tronco e o eixo y a amplitude percentual de resistência a perfuração da madeira, (Figura 3).

Figura 3: Aparelho de resistografia em uso (A); Imagem gerada com o uso do resistógrafo (B).



Fonte: O autor.

Segundo Rinn (1996), a metodologia de utilização do resistógrafo é simples, o qual é constituído de uma broca de aço de 3 mm de diâmetro, sendo ela introduzida para o interior da madeira a uma taxa de velocidade fixada de acordo com espécie de madeira, e do tipo de aparelho empregado.

Baseado nas leituras do resistógrafo e nas velocidades obtidas pelos ensaios tomográficos na avaliação interna de troncos de árvores, Rollo et al. (2013), em seu trabalho, concluíram que as informações geradas se mostraram fortemente confiáveis.

Os resultados obtidos pelo resistógrafo por Gouvêa et al. (2011) e Lima et al. (2007), apresentaram boa correlação com a densidade básica em avaliação de amostras de madeiras sem defeitos.

Já Costello e Quarles (1999) em seus trabalhos, consideraram o resistógrafo como uma ferramenta eficiente para identificar internamente áreas lesionadas em árvores em situação de médio para avançado estágio de apodrecimento, mas em árvores em estágios iniciais demonstrou uma baixa eficiência.

4.5.4 Técnica não destrutiva (NDT): Ultrassonografia

A técnica de inspeção ultrassônica consiste na aplicação de ondas de tensão de alta frequência, que em uma peça de madeira se dissipa rapidamente em uma pequena distância. Sendo muito utilizada na indústria para estimar a qualidade da madeira, como também para defeitos e deterioração (WHITE, 2013).

O ultrassom é uma técnica de avaliação não destrutiva utilizada devido a capacidade de avaliar madeiras sem modificar sua estrutura e com isso possibilitar

sua posterior utilização, como também avaliar madeiras em serviço sem a necessidade de remoção da peça (STANGERLIN et al., 2015) (Figura 4).

Figura 4. Utilização do aparelho de ultrassom em campo, modelo (V-Meter MK IV™ Ultrasonic System).



Fonte: O autor.

Seu funcionamento é fundamentado na propagação de ondas que pode ser aplicado, tanto em árvores quanto em peças estruturais. Para determinar as propriedades mecânicas da madeira utilizando ondas ultrassônicas, faz-se a relação entre a velocidade, o módulo de elasticidade e a densidade da madeira (CANDIAN, 2009).

Os aparelhos de ultrassom trabalham geralmente em frequências na faixa de 20 kHz a 500 kHz. Durante a medição, ondas ultrassônicas são produzidas no objeto e, em seguida, as ondas transmitidas são medidas para identificar as propriedades da madeira (ÖSTERBERG, 2009). O método de ondas ultrassônicas além de eficiente é um importante instrumento para a dedução não-destrutiva do módulo de elasticidade da madeira (RIBEIRO et al., 2016).

A avaliação não destrutiva de madeiras com a utilização do ultrassom é um dos métodos mais utilizados, em função das informações que podem ser coletadas, pelo fácil manuseio do equipamento (GATTO et al., 2012). A técnica de propagação de ondas de ultrassom é utilizada em diversos seguimentos industriais para análise tecnológica de peças roliças, madeiras serradas, painéis reconstituídos, lâminas de madeira e árvores (TEREZO, SZÜCS, 2010; SCHNEID et al., 2011; ALMEIDA et al., 2012; BELTRAME et al., 2015; MELO, DEL MENEZZI, 2016; PIZZOL et al., 2020; CARRASCO et al., 2021).

A velocidade em que o pulso ultrassônico percorre um material está diretamente ligado com suas propriedades físicas e mecânicas, bem como o estado de deterioração, teor de humidade e existência de descontinuidade das fibras; uma vez que aumentando o tempo de percurso da onda, se reduz a velocidade do pulso (TAVUKÇUOĞLU, 2018).

No trabalho de Stangerlin et al. (2017), é mencionado que em geral, quanto maior a densidade de uma madeira, mais se favorece a formação de um meio contínuo para propagação das ondas de ultrassom, uma vez que menor será a porosidade da mesma, assim aumentando a velocidade das ondas.

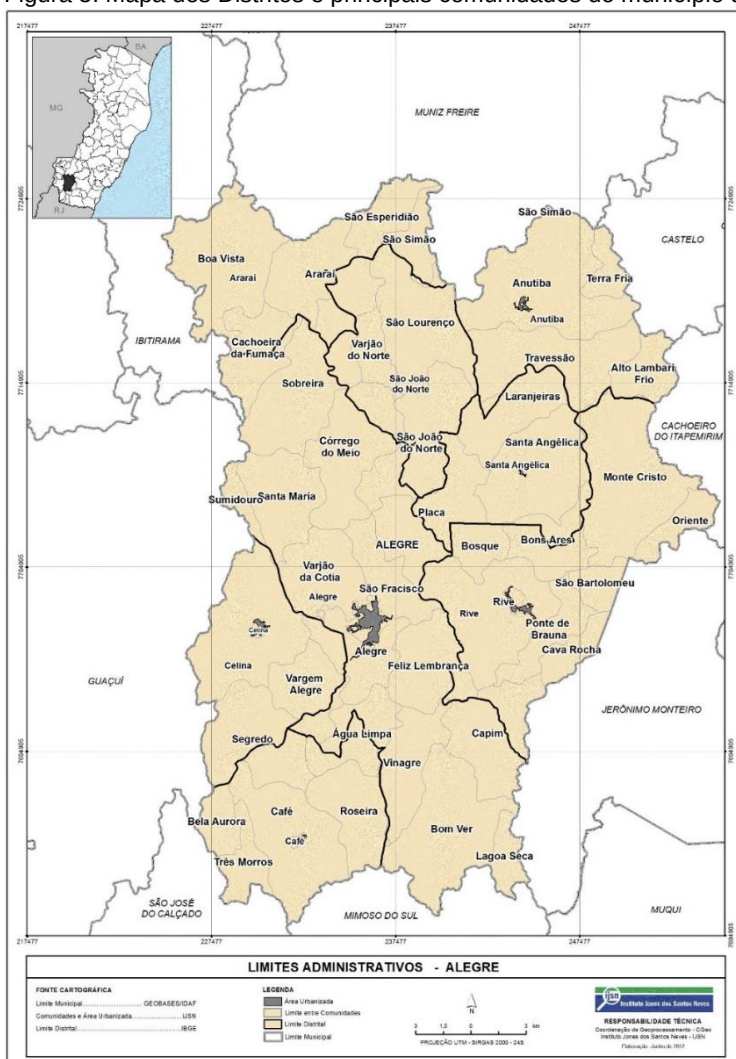
5. METODOLOGIA

5.1 Local de estudo

O município de Alegre ocupa uma área de 756,860 km², estando localizado à latitude Sul de 20°45'49" e longitude Oeste de Greenwich, de 41°31'57", na região sul do estado do Espírito Santo, a uma distância de 205,2 km da capital Vitória, (PROATER, 2020).

Segundo uma prévia realizada pelo IBGE (2022), o município contava com uma população de aproximadamente 26.397 habitantes. Fazendo limite com os municípios de Ibitirama, Muniz Freire, Castelo, Mimoso do Sul, Jerônimo Monteiro, Cachoeiro de Itapemirim, Guaçu e São José do Calçado (Figura 5) (PROATER, 2020).

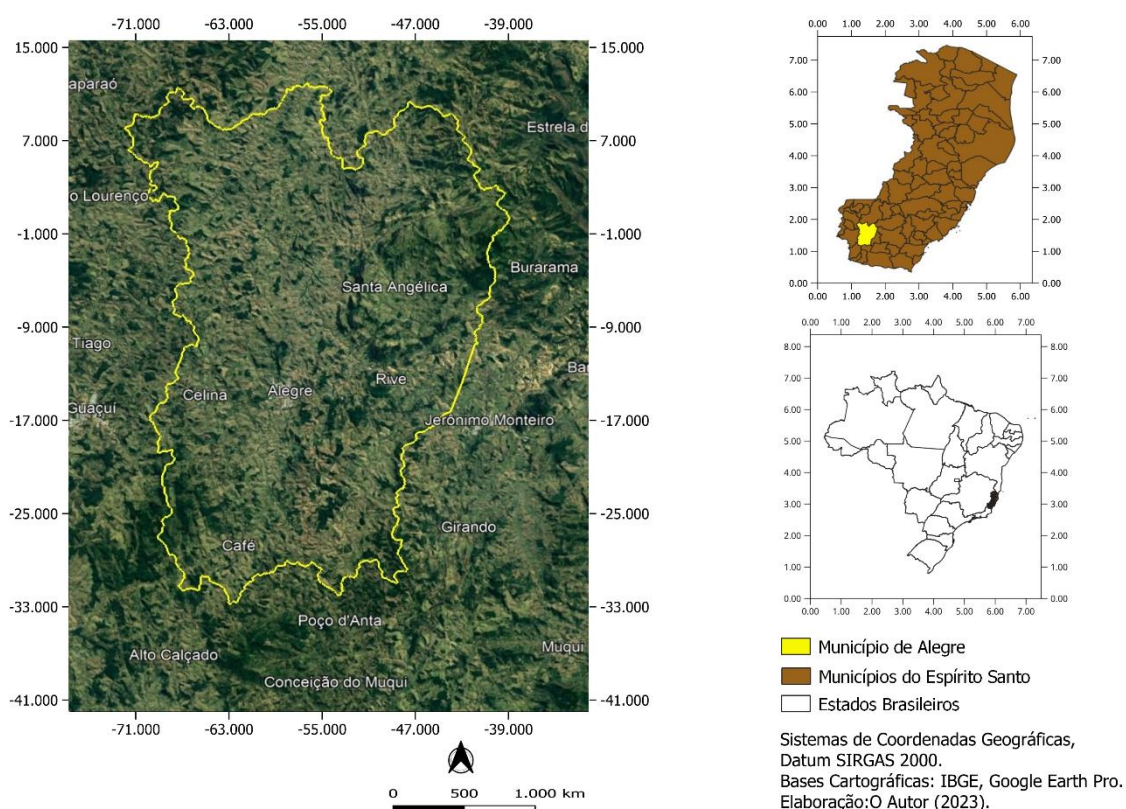
Figura 5. Mapa dos Distritos e principais comunidades do município de Alegre/ES.



Fonte: IJSN (2023).

As pontes estudadas foram levantadas no município de Alegre (sede e seus distritos), em que foram percorridas estradas rurais de ligação entre município sede, distritos e comunidades locais. Com a utilização de um GPS portátil (Garmin, GPSMAP 64S) e o software QGIS - Sistema de Informação Geográfica, foi identificada e delimitada a área de estudo (Figura 6).

Figura 6. Localização da área das pontes estudadas.



Fonte: O autor.

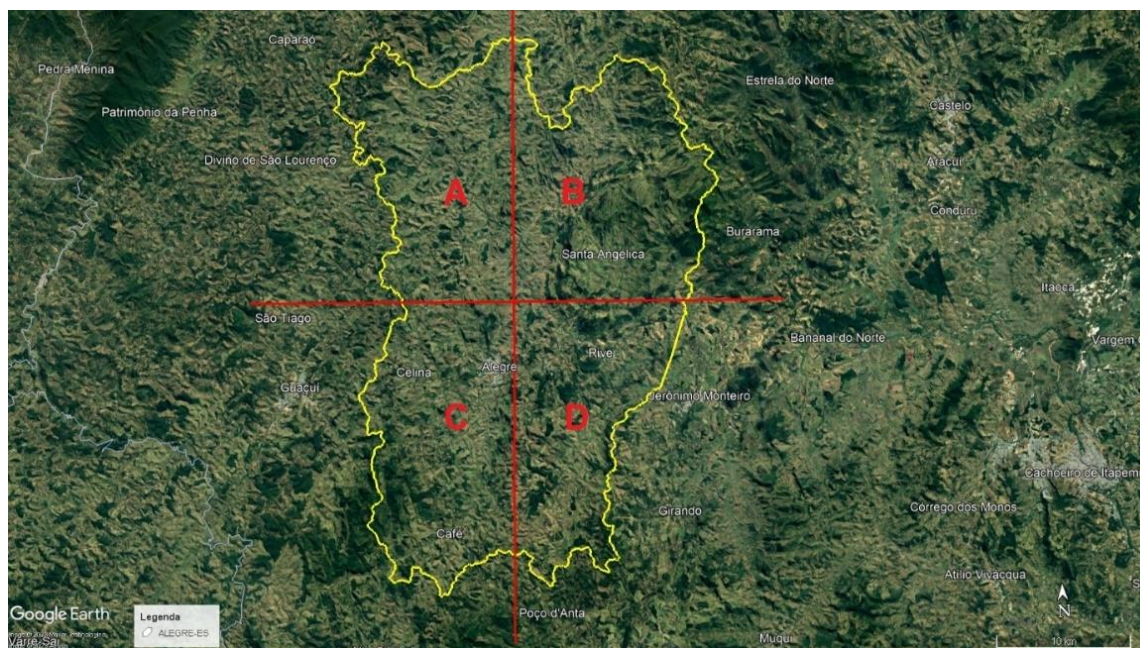
5.1.1 Divisão das áreas de estudo e georreferenciamento das pontes

Para o mapeamento das pontes existentes no município de Alegre, contou-se com apoio da Secretaria Executiva de Desenvolvimento Rural, que forneceu informações relevantes como os melhores acessos, condições de estradas das áreas a serem percorridas, possibilitando assim, traçar um plano de ação.

De posse dessas informações e com a utilização da ferramenta *Google Earth Pro*, dividiu-se em quadrantes o mapa do município de Alegre proporcionando assim uma melhor logística na elaboração do levantamento *in loco* (Figura 7). Definida uma

estratégia, deu-se início aos mapeamentos das pontes, percorrendo estradas principais e vicinais do município. Com a utilização do dispositivo portátil GPS, foi feito o georreferenciamento das pontes, identificando-as por meio de marcadores com suas respectivas numerações.

Figura 7. Divisão das áreas de estudo em quadrantes.



Fonte: O autor.

5.1.2 Identificação das pontes

Para que a identificação das pontes acontecesse de maneira sistematizada, foi elaborado uma ficha de inspeção (APÊNDICE A) adaptada da Norma Brasileira NBR 9452 (ABNT, 2016), contendo informações relevantes no sentido de facilitar o trabalho em campo.

Para o preenchimento das fichas de inspeção no momento das vistorias foi analisado além do curso d'água (sentido), o levantamento das dimensões das pontes (extensão da ponte, vão livre, largura, altura do tabuleiro da lâmina d'água, altura do guarda-corpo (se presente), altura do guarda-rodas), caracterização da ponte (tipo de estrutura, números de faixa, tipo de material empregado além da madeira em si), quais tipos de agentes bióticos e abióticos poderiam estar agindo superficialmente nos elementos estruturais, falta de elementos estruturais.

Com um *smartphone* com câmera de alta resolução, foi realizado registro fotográfico das pontes e seus componentes (apoios, longarinas, transversinas, tabuleiro, guarda-rodas) (APÊNDICE B). Esses registros fotográficos foram feitos com riquezas de detalhes para a elaboração de um banco de dados, para consulta e uma posterior análise.

5.2 Coleta de amostras para identificação do gênero

As madeiras analisadas foram coletadas nas estruturas (longarinas), das pontes 35 e 49 com comprimento de aproximadamente 30 cm (Figura 10), a fim de identificar o gênero.

Figura 10: Amostras de madeira para caracterização quanto ao gênero.



Fonte: O autor.

A confecção das amostras para caracterização foi feita nos laboratórios existentes no Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Centro de Ciências Agrárias e Engenharias (CCAEE), da Universidade Federal do Espírito Santo, localizada em Jerônimo Monteiro – ES.

Utilizando o método de escarificação manual para preparar as amostras, foi primeiramente preparado corpos de prova, com dimensões de 2,0 x 2,0 x 3,0 cm. Logo após, as amostras passaram por um processo de cozimento para se tornarem macias, possibilitando seu corte em um micrótomo de deslize manual (Leica, modelo SM 2000R).

Para confirmar a análise realizada nas amostras, foram feitas imagens microscópicas das seções transversal, tangencial e radial de cada madeira coletada. Estas fotos foram obtidas, a partir das lâminas produzidas, utilizando-se com microscópio binocular (Axio Scope, A1), com lente de 10x de aumento.

5.3 Técnicas não destrutivas (NDT)

Por se tratar de uma área ampla, contendo um número considerável de pontes e por existir uma discrepância em quantidade por quadrante, foi necessário fazer uma melhor distribuição das avaliações.

A partir das fichas de inspeção, foi criada uma tabela com o objetivo de agrupar as pontes por quadrante. Definindo cores por quadrante, para melhor identificação, com o objetivo de facilitar na escolha das pontes as quais seriam realizadas as avaliações pelas técnicas não destrutivas (NDT).

Avaliou-se 10 pontes em função da localização e nível de deterioração, estando elas distribuídas, 2 no quadrante A, 5 no B, 1 no C e 2 no D, com isso, totalizando 50 análises de resistografia e 4 de ultrassonografia.

A análise de resistência a perfuração nas longarinas das pontes escolhidas para as avaliações, foi medida com o resistógrafo (R650-SC, Série 6, RINNTECH), configurado com velocidade de avanço de 20 mm s^{-1} , utilizando hastes de aço com 1,5 mm de diâmetro e 3 mm em sua aresta de corte (Figura 11).

Figura 11: Resistógrafo R650-SC (Series 6, RINNTECH) (A); Hastes de aço utilizadas na microperfuração (B).



Fonte: O autor.

Preliminarmente às microperfurações, utilizando uma suta foi medido o diâmetro individual de cada longarina, sendo anotado em função de cada ponto escolhido para a realização da avaliação. Em seguida foi posicionado o aparelho em função das condições de acesso às longarinas, podendo ser na vertical ou na horizontal (em relação ao plano da ponte). Sendo o aparelho alinhado de forma a diminuir o efeito do atrito do lenho com a haste, com o operador do resistógrafo auxiliado por um observador, com o intuito de manter o equipamento na posição correta.

As microperfurações foram realizadas na seção transversal da longarina, respeitando um limite de profundidade entre 60 a 90% do diâmetro medido da peça. Essa profundidade foi definida, no intuito de evitar a perda de hastes de perfuração, seja por empeno ou quebra, devido seu pequeno diâmetro.

As medições armazenadas na memória do resistógrafo foram exportadas, convertidos em arquivos com extensão compatível ao EXCEL e os perfis analisados no software DECOM™ (Version 2.36c).

Nas avaliações de ondas ultrassônicas, foi utilizado um aparelho de ultrassom (V-Meter MK IV™, Ultrasonic System), configurado com uma faixa de frequência de 250 kHz para uma distância de quarenta centímetros (Figura 12).

Figura 12: Aparelho de ultrassom utilizado nas medições em campo.



Fonte: O autor.

Previamente as avaliações e de posse do diâmetro de cada peça, foi feito um gabarito demarcando o ponto exato para o posicionamento dos transdutores na longarina da ponte. Em seguida com utilização de uma espátula e um facão, procedeu-se uma raspagem e um aplainamento do ponto escolhido, como também uma limpeza, retirando impregnação de lama e com isso evitando contaminação do gel utilizado nos transdutores. Assim, realizou-se as avaliações de ultrassonografia a uma distância média de dez centímetros do ponto perfurado pelo resistógrafo, com o objetivo de obter os resultados o mais próximo possível do mesmo.

Em cada medição feita com o ultrassom, foi coletado o tempo e a distância de percurso, sendo posteriormente utilizado para o cálculo da velocidade de propagação do pulso para facilitar a interpretação dos resultados (Equação 1):

$$V = \frac{\Delta L}{\Delta t} \quad (1)$$

Onde:

V é a velocidade de propagação do pulso em (m/s);

ΔL é a distância percorrida (m);

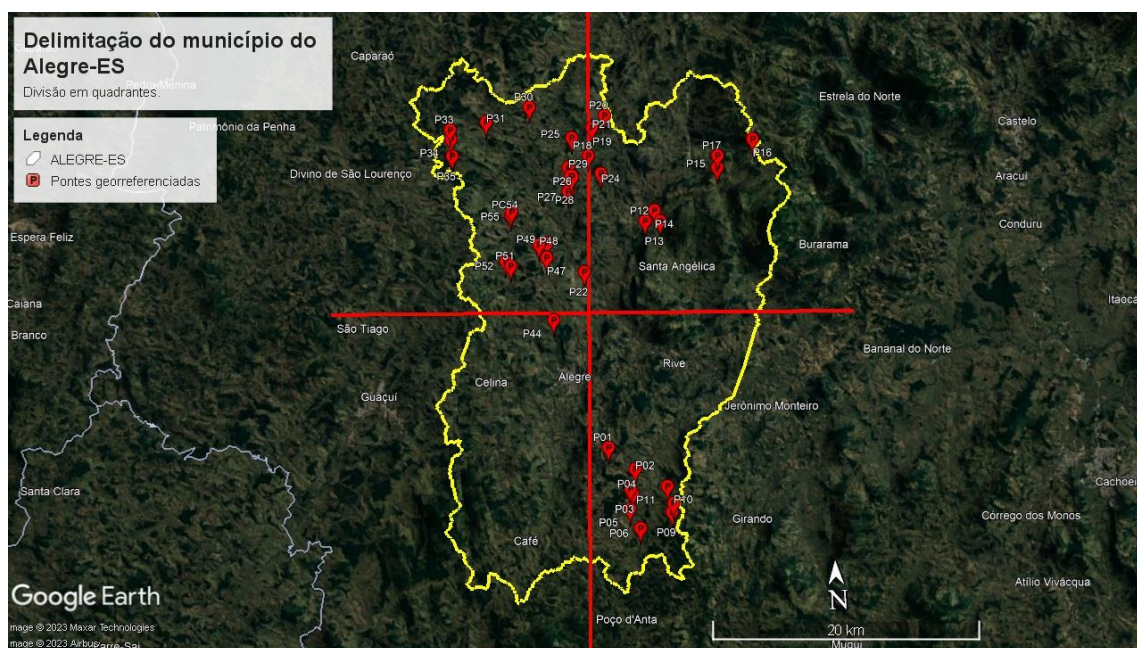
Δt é o tempo de propagação (s).

6. AVALIAÇÕES “IN LOCO”, RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Pontes georreferenciadas

O georreferenciamento das pontes mostrou-se bastante eficaz quanto a precisão da localização de cada uma (Figura 13). Mesmo com alguns obstáculos no meio do processo de levantamento, que por algumas vezes em função da falta de disponibilidade de veículo ou devido aos altos índices pluviométricos ocorridos entre os meses de setembro e dezembro de 2022, resultando em atraso no cronograma estipulado nesse trabalho. Sendo assim, tornou-se impossível o georreferenciamento das pontes em toda área demarcada, gerando um quantitativo de 38 pontes vistoriadas.

Figura 13. Pontes georreferenciadas e identificadas através de marcadores.



Fonte: O autor.

A elaboração da tabela, agrupando as pontes por quadrante (Tabela 1), possibilitou melhor organização facilitando a seleção de quais pontes iriam passar pelas avaliações, através das técnicas não destrutivas (NDT), em função das características, nível de deterioração e quadrante.

Tabela 1. Tabela de orientação em função das características, nível de deterioração e quadrante.

Pontes agrupadas por quadrante								
Quadrante	Ponte	Extensão(m)	Largura(m)	Patologias				
				Fendas	Abrasão	Fungos	Insetos	Lama
A	P18	10,30	3,60	sim	sim	sim	não	sim
	P22	9,80	3,50	sim	sim	sim	não	sim
	P25	4,00	3,50	sim	sim	sim	não	sim
	P26	8,50	3,50	sim	sim	sim	não	sim
	P27	3,80	3,50	sim	sim	sim	não	sim
	P28	3,60	3,50	sim	sim	sim	sim	sim
	P29	6,80	3,60	sim	sim	sim	sim	sim
	P30	11,45	3,50	sim	sim	sim	não	sim
	P31	6,40	3,50	sim	sim	sim	sim	sim
	P33	2,40	3,90	não	não	não	não	sim
	P34	3,40	3,60	sim	sim	sim	sim	sim
	P35	35,50	3,60	sim	sim	sim	sim	sim
	P47	7,40	3,60	sim	sim	sim	sim	sim
	P48	5,50	3,60	sim	sim	sim	sim	sim
	P49	21,00	3,50	sim	sim	sim	sim	sim
	P51	5,30	3,50	sim	sim	sim	sim	sim
	P52	4,20	3,60	sim	sim	sim	não	sim
B	P55	7,00	3,50	sim	sim	sim	sim	sim
	P12	9,00	3,60	sim	sim	sim	sim	sim
	P13	5,70	4,00	sim	sim	sim	sim	sim
	P14	9,00	3,40	sim	sim	sim	sim	sim
	P15	6,00	3,50	sim	sim	sim	sim	sim
	P16	8,70	3,50	sim	sim	sim	sim	sim
	P17	9,00	3,50	sim	sim	sim	sim	sim
	P19	8,50	3,50	sim	sim	sim	não	sim
	P20	7,00	3,50	não	sim	não	não	sim
C	P21	7,00	3,50	sim	sim	sim	não	sim
	P24	7,00	3,50	sim	sim	sim	sim	sim
C	P44	5,80	3,60	não	sim	sim	não	sim
D	P01	9,00	3,70	sim	sim	sim	não	sim
	P02	7,00	3,40	sim	sim	sim	sim	sim
	P03	5,90	3,40	sim	sim	sim	sim	sim
	P04	9,00	3,40	sim	sim	sim	sim	sim
	P05	7,90	3,50	sim	sim	sim	não	sim
	P06	6,00	3,40	sim	sim	sim	sim	sim
	P09	5,20	3,50	sim	sim	sim	sim	sim
	P10	8,30	3,50	sim	sim	não	não	não
	P11	7,60	3,50	sim	não	não	sim	sim

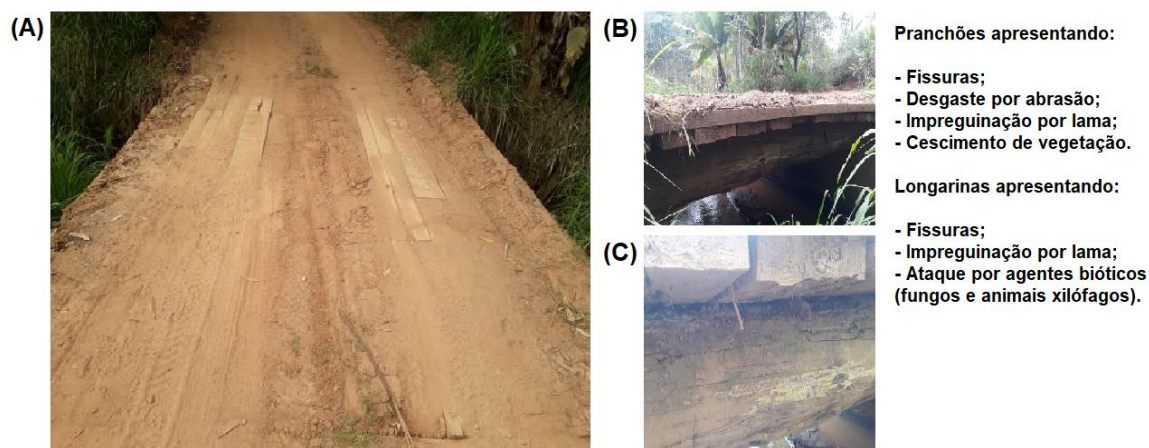
Fonte: O autor.

6.2 Inspeção visual

A inspeção visual de elementos estruturais de madeira, mostrou-se muito eficiente na detecção de manifestações patológicas superficiais, possibilitando estimar os danos causados por agentes abióticos como trincas, deformações e por agentes bióticos, como besouros, cupins e fungos (BRITO, 2013b). Sendo essas manifestações detectadas nas estruturas de madeira das pontes inspecionadas, fotografadas e catalogadas nas fichas de inspeção (Apêndice A e B).

Grande parte das pontes inspecionadas estavam visivelmente em um nível elevado de deterioração (Figuras 14 e 15), causado por agentes bióticos e abióticos. Sendo os agentes bióticos, os fungos, animais xilófagos e quanto aos abióticos, desgaste por abrasão, recalques e fissuras. É evidente a má condição dos elementos estruturais das pontes, confirmando a falta de manutenção e a forma de execução equivocada. As peças estruturais, além de não serem tratadas, são apoiadas diretamente no solo, sem qualquer proteção, propiciando o ataque de agentes deterioradores, e acúmulo de umidade.

Figura 14. Ponte atacada por agentes bióticos e abióticos: A tabuleiro impregnado por lama; B pranchões apresentando fissuras e desgaste a abrasão; C longarinas impregnadas por lama e atacada por agentes bióticos.



Fonte: O autor.

Figura 15. Pontes atacadas por agentes bióticos e abióticos: A e C pranchões impregnados por lama, desgaste a abrasão e fissuras; B e D longarina apresentando fissura, ataque por agentes bióticos e impregnação por lama.

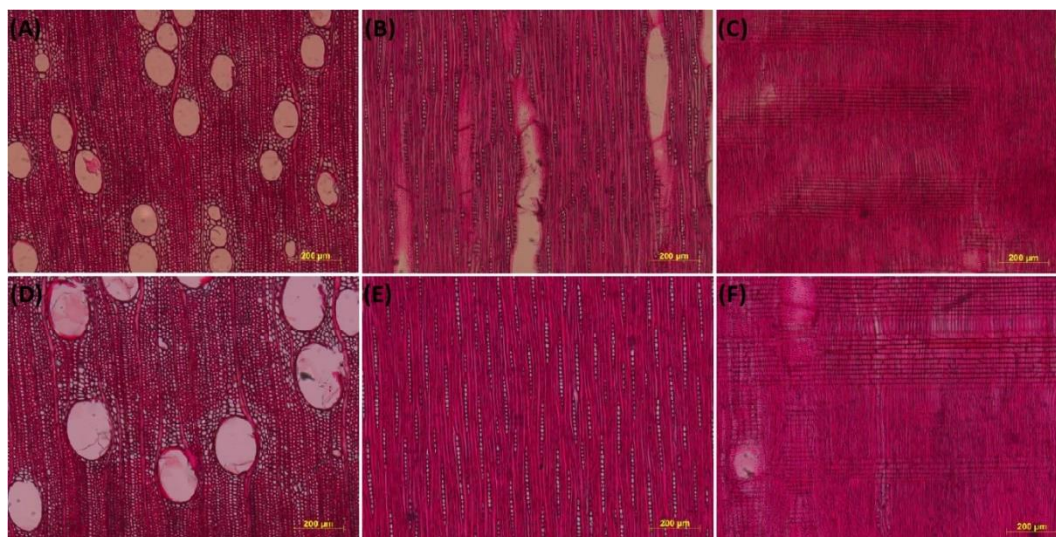


Fonte: O autor.

6.3 Identificação do gênero da madeira

A descrição microscópica das amostras retiradas das pontes 35 e 49, demonstram que no plano transversal os poros são visíveis sob lente de 10x com porosidade difusa, arranjo radial e diagonal solitários e aparentemente múltiplos. No plano longitudinal tangencial, o parênquima radial é visível sob lente 10x com as linhas vasculares retilíneas. Já no plano radial os raios são pouco contrastados (Figura 16).

Figura 16. Imagens de identificação de gênero: Ponte 35 - A) Plano transversal; B) Plano tangencial; C) Plano radial; Ponte 49 - D) Plano transversal; E) Plano tangencial; F) Plano radial.



Fonte: O autor.

As descrições das amostras apresentadas, relativa às características anatômicas analisadas, possibilitou identificar que se trata do gênero *Eucalyptus*. Assim sendo, confirmando o gênero informado pelos profissionais responsáveis pela manutenção e construção das pontes do município de Alegre-ES.

6.4 Avaliações qualitativas com resistografia: inspeções em longarina de madeira

As inspeções com o uso da resistografia foram realizadas com o objetivo de avaliar os resultados qualitativos gerados pelos diagramas no resistógrafo, através de análises descritivas, entre a sanidade da madeira e a resistência à perfuração da haste, utilizando o diâmetro da peça de madeira, podendo variar o seu diâmetro devido a não linearidade em todo o seu comprimento da peça roliça.

Foram realizadas entre 2 a 6 microperfurações por ponte, nas regiões próximas aos apoios, sendo avaliados os resultados qualitativos gerados pelos diagramas no resistógrafo, em função do avanço da haste do equipamento (Figura 17).

Figura 17. Pontos de inspeção com resistografia próximos aos apoios: A) Ponte 35; B) Ponte 49.



Fonte: O autor.

As perfurações com o resistógrafo nas longarinas da Ponte 01, foram feitas em 4 pontos próximos aos apoios (Figura 18). O comportamento da microperfuração em função do avanço da haste do resistógrafo nas longarinas de madeira roliça está indicado na Figura 19.

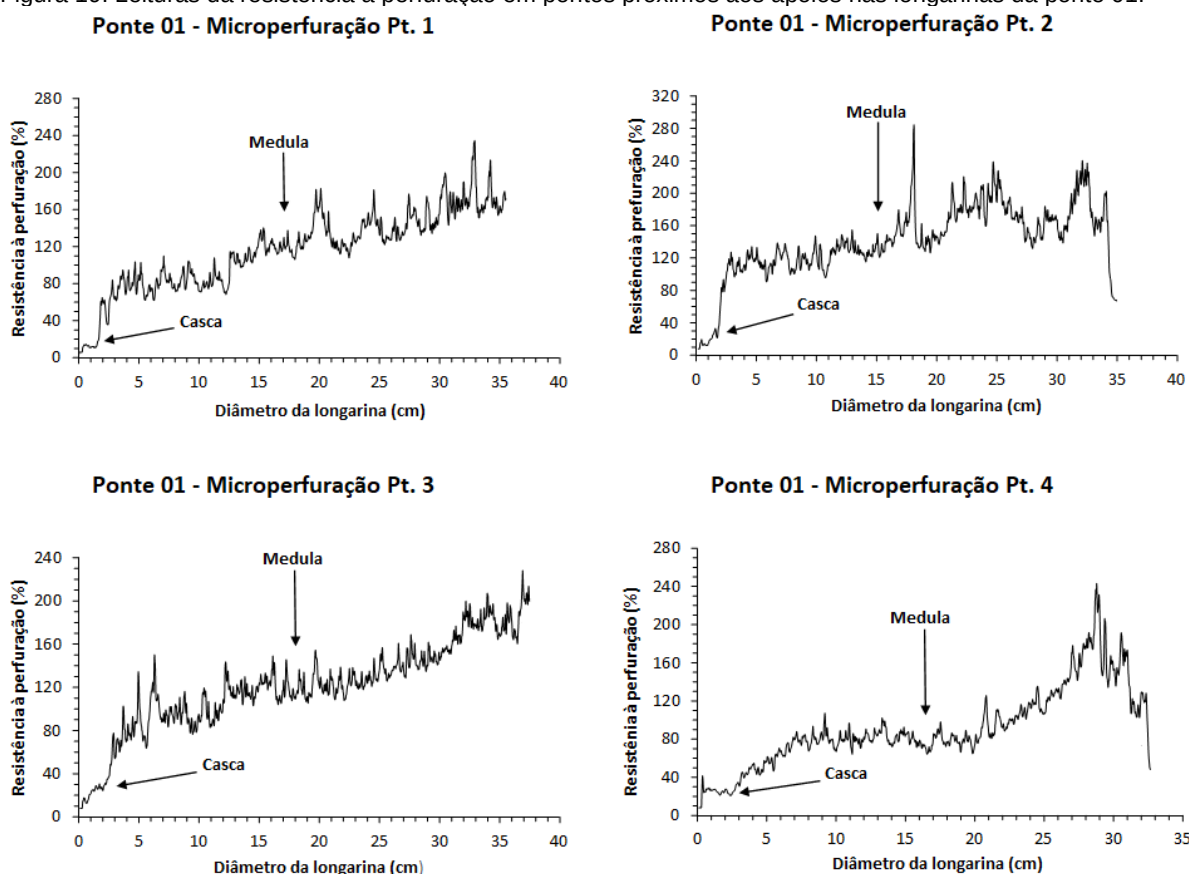
Figura 18. Pontos de inspeção com resistografia próximos aos apoios da ponte 01: A) Visão por cima do tabuleiro; B) Visão lateral da longarina de madeira roliça.



Fonte: O autor.

Para a ponte 01 foi observado na inspeção visual, descrita na ficha de inspeção (Anexo A9), à existência de ataques por agentes bióticos. Contudo, observa-se um aumento de resistência à perfuração nos gráficos 1, 2 e 3 a partir de 2,0 cm no sentido à medula, mantendo-se crescente com redução dos valores na região da medula. Isto evidencia que a degradação é apenas superficial. Já o gráfico 4 teve um pequeno crescimento até próximo de 9,0 cm e decaindo na região da medula, mantendo-se essa redução até 20,5 cm, indicando-se maior oscilação e menor resistência devido estar mais próximo da extremidade, o que demonstra que a madeira nesse ponto está em processo de deterioração mais avançado do que as demais.

Figura 19. Leituras da resistência à perfuração em pontos próximos aos apoios nas longarinas da ponte 01.

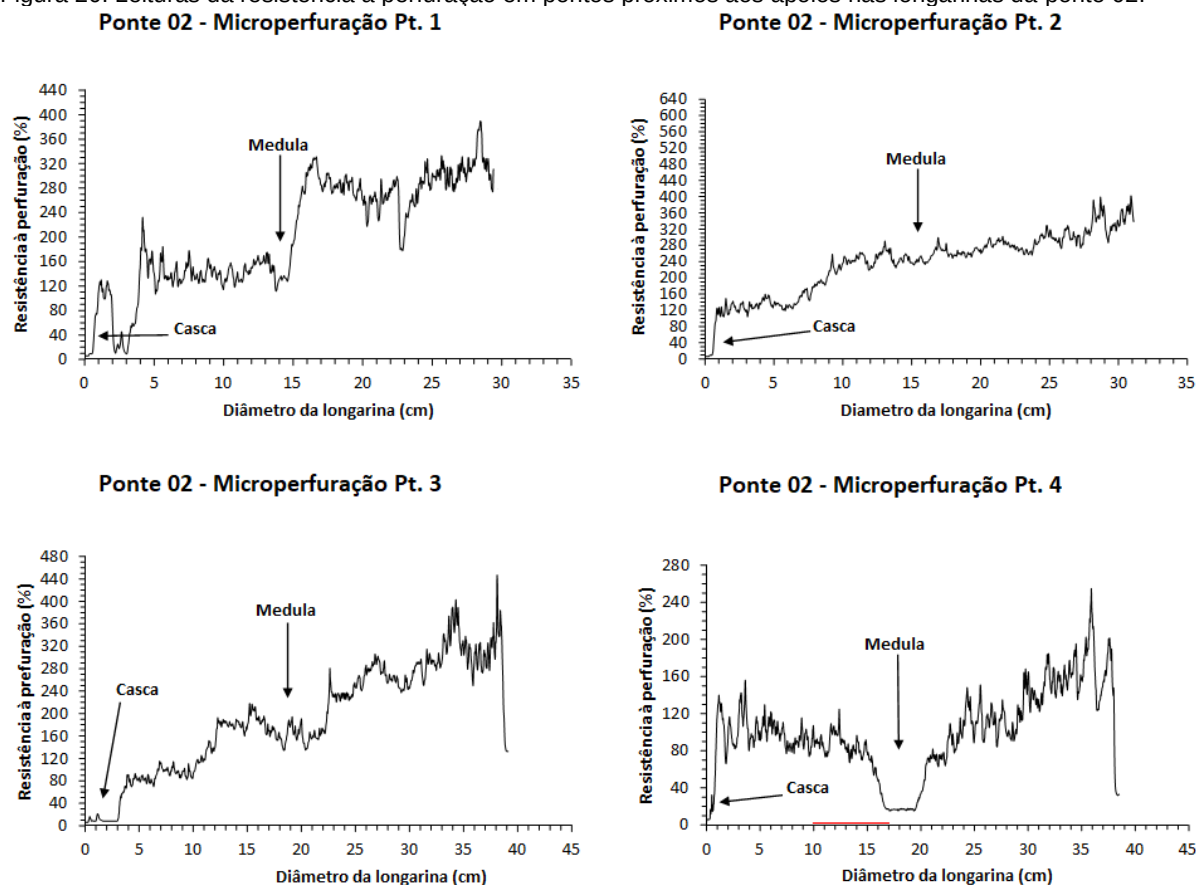


Fonte: O autor.

Esses resultados corroboram com os resultados encontrados no trabalho de (BRITO, 2013b), que relata que em uma viga de madeira com indicativos de manifestações patológicas superficiais como furos, túneis de cupim, ensaiada com o uso do resistógrafo na seção transversal, a microperfuração apresentou boa resistência à perfuração, indicando apenas manifestações patológicas superficiais.

A Figura 20 apresenta as diferenças nos valores da resistência à perfuração na direção do diâmetro das longarinas nos 4 pontos inspecionados da Ponte 02.

Figura 20. Leituras da resistência à perfuração em pontos próximos aos apoios nas longarinas da ponte 02.

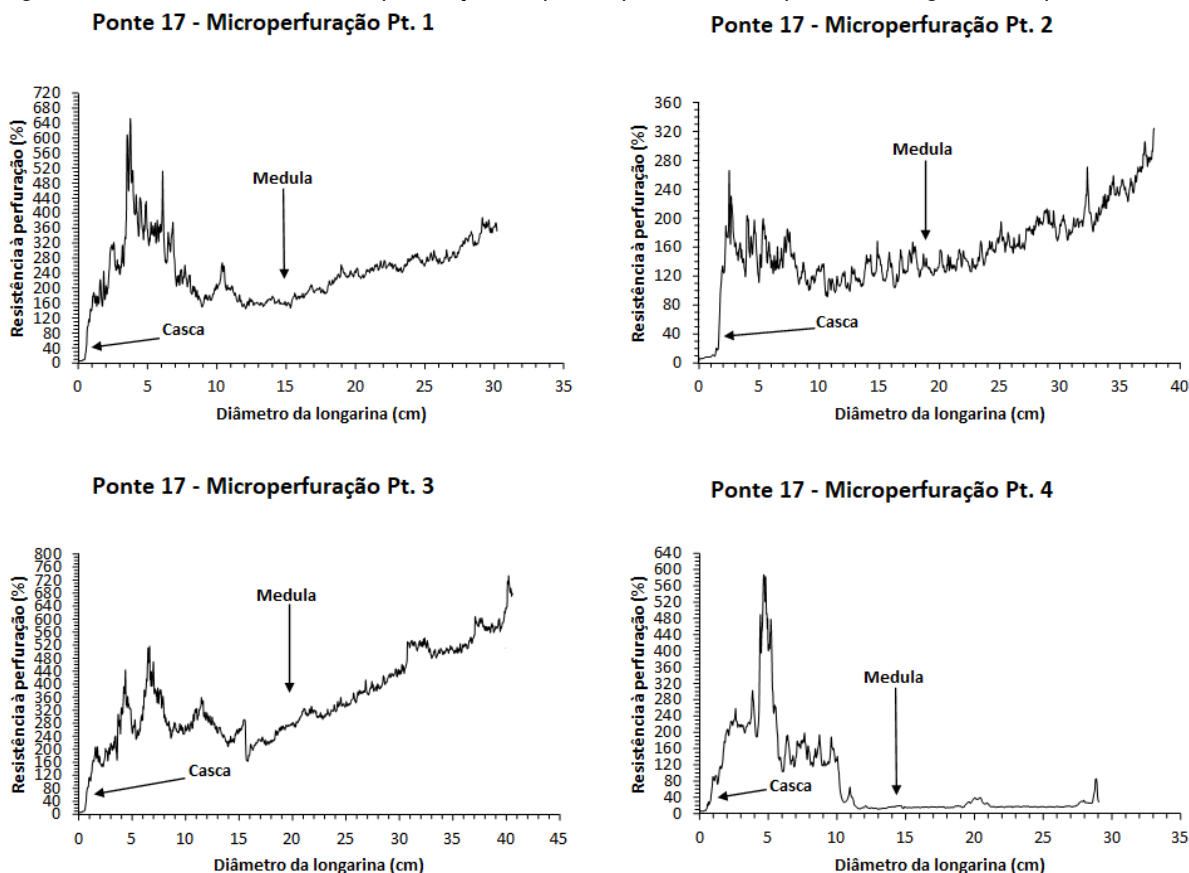


Fonte: O autor.

Para os perfis de resistência à perfuração dos pontos 1 e 3, observa-se uma grande instabilidade até a região central da longarina, a partir desta posição há um aumento, mas ainda com oscilações decorrentes do atrito causado pelo pó de serra gerado pelo avanço da haste (Figura 20). O perfil do ponto 2 apresentou ao longo do diâmetro da tora, uma boa linearidade, com uma pequena redução da amplitude de resistência à perfuração na região da medula. Já no ponto 4, a amplitude obteve oscilações significativas, tendo ainda, uma queda considerável na zona da medula.

As análises dos perfis de sondagem da ponte 17, gerado pelo resistógrafo (Figura 21), demonstra que a amplitude de resistência à perfuração nas peças teve variações consideráveis.

Figura 21. Leituras da resistência à perfuração em pontos próximos aos apoios nas longarinas da ponte 17.



Fonte: O autor.

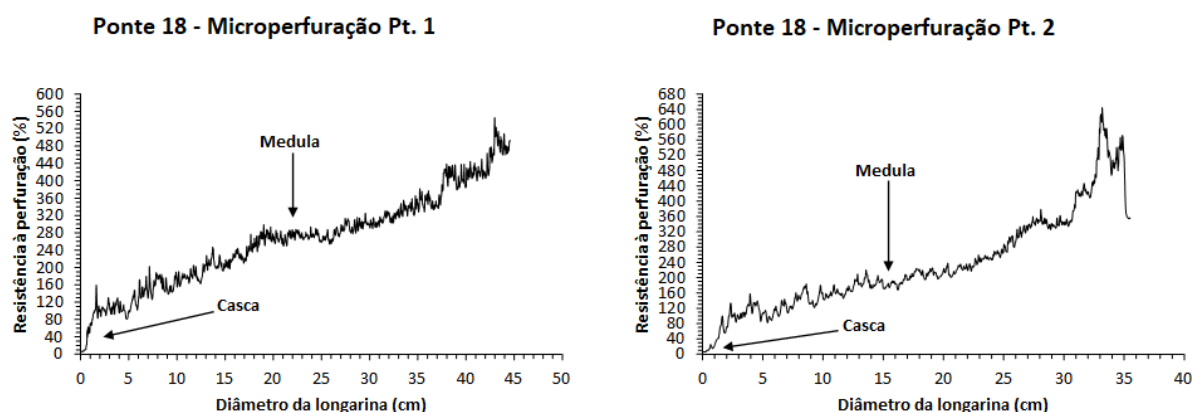
No ponto 1 do primeiro perfil, percebe-se um pico de resistência a partir de 3,5 cm ocasionado pelo atrito gerado pelo avanço da haste, mas decaindo próximo de 4,5 cm com algumas oscilações, mas mantendo-se a queda até passar a região da medula, voltando ter um crescimento bastante sutil. Esses resultados validam os resultados encontrados no trabalho de NUTTO, 2015, que descreve que a curva de resistência à perfuração cresce subitamente sendo fortemente afetada pelo atrito, sendo visível quando a broca de perfuração é retirada do tronco da árvore.

No perfil 2, houve um pequeno pico de resistência em 2,5 cm, mas com o avanço da haste, na profundidade de 8 a 15 cm a amplitude cai, apresentando deterioração, voltando a crescer na região da medula. O perfil 3, tem suas características bem próximas das do perfil 2, apresentando variações na amplitude e com maior relevância de deterioração antes da medula a uma profundidade entre 16 e 18 cm. Para o perfil de sondagem do ponto 4, a partir de 11,2 cm até a região da casca, a amplitude ficou quase que constante, mantendo-se próximo de zero por cento em quase todo o trecho (Figura 21), o que demonstra perda expressiva de resistência

à perfuração, decorrente de ataque por organismos xilófagos e fungos, observado nas inspeções visuais feitas *in loco*, caracterizada na ficha de inspeção (Anexo A3).

A Figura 22 mostra o comportamento dos perfis de resistência à perfuração da ponte 18 na direção do diâmetro das longarinas nos pontos 1 e 2 inspecionados.

Figura 22. Leituras da resistência à perfuração em pontos próximos aos apoios nas longarinas da ponte 18.

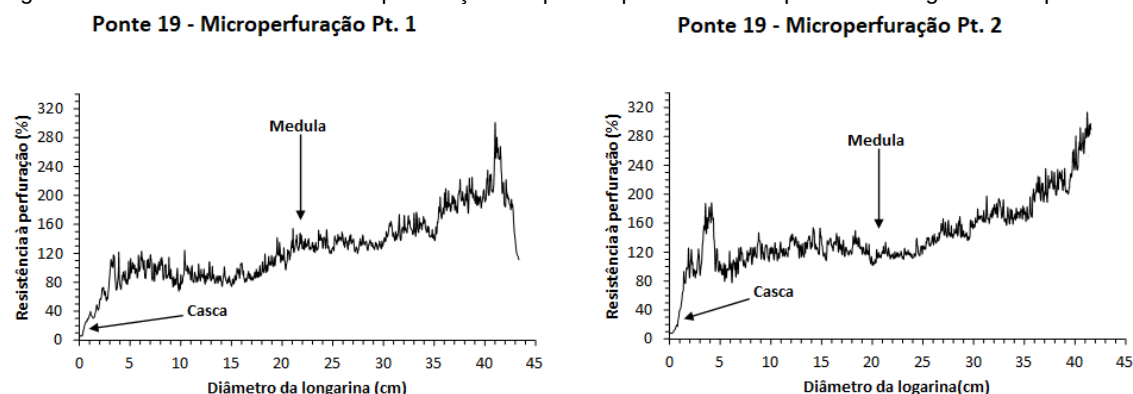


Fonte: O autor.

Os resultados apresentados para os perfis 1 e 2 (Figura 22), demonstraram um aumento de resistência com pouca variação a partir de 2,0 cm, a perda de resistência a perfuração ocorre de 0 a 20cm no Pt. Estes valores corroboram com a inspeção visual realizada *in loco*, onde observou-se que as longarinas foram recém trocadas e sem nenhuma evidência de ataques visíveis de agentes bióticos. Validando os resultados obtidos no trabalho de (NUTTO, 2015), onde, a curva de resistência à perfuração não apresenta nenhum sinal de defeito mediante a uma maior densidade da madeira, a analisando-se os diagramas dos perfis Pt. 1 e Pt. 2 nota-se que as amplitudes estão variáveis e não constantes, tendo aumentado de 20% a 40% a resistência devido ao atrito.

Os perfis de resistência à perfuração dos pontos 1 e 2 da Ponte 19, avaliados em suas longarinas que distam de 40cm da altura da lâmina d'água (Anexo B38) estão apresentados na Figura 23.

Figura 23. Leituras da resistência à perfuração em pontos próximos aos apoios nas longarinas da ponte 19.



Fonte: O autor.

A amplitude de resistência à perfuração sofre pouca alteração ao atrito devido a menor densidade da madeira em ambos os perfis. O primeiro perfil apresentou na profundidade de furo de 11 a 17 cm, uma queda, indicando ponto de deterioração. No trecho da medula existe um ganho de resistência, devido ao atrito gerado pelo pó de serra conforme o avanço da haste do resistógrafo. Esse resultado está de acordo com os resultados obtidos no trabalho de (OLIVEIRA, 2015), que descreve, que à medida que a profundidade de penetração da broca aumenta com o diâmetro, o atrito atuante na broca pode aumentar, o que, por sua vez, resulta em altas leituras de resistência relativa. Para o segundo perfil, houve um pico de amplitude médio entre 4,0 e 5,0 cm em decorrência do atrito e uma queda suave na região da medula.

Na Ponte 20 foi definido 4 pontos de perfuração nas longarinas externas na direção do rodeiro da ponte (Figura 24), com o intuito de facilitar o acesso as peças escolhidas para a realização do ensaio de resistografia.

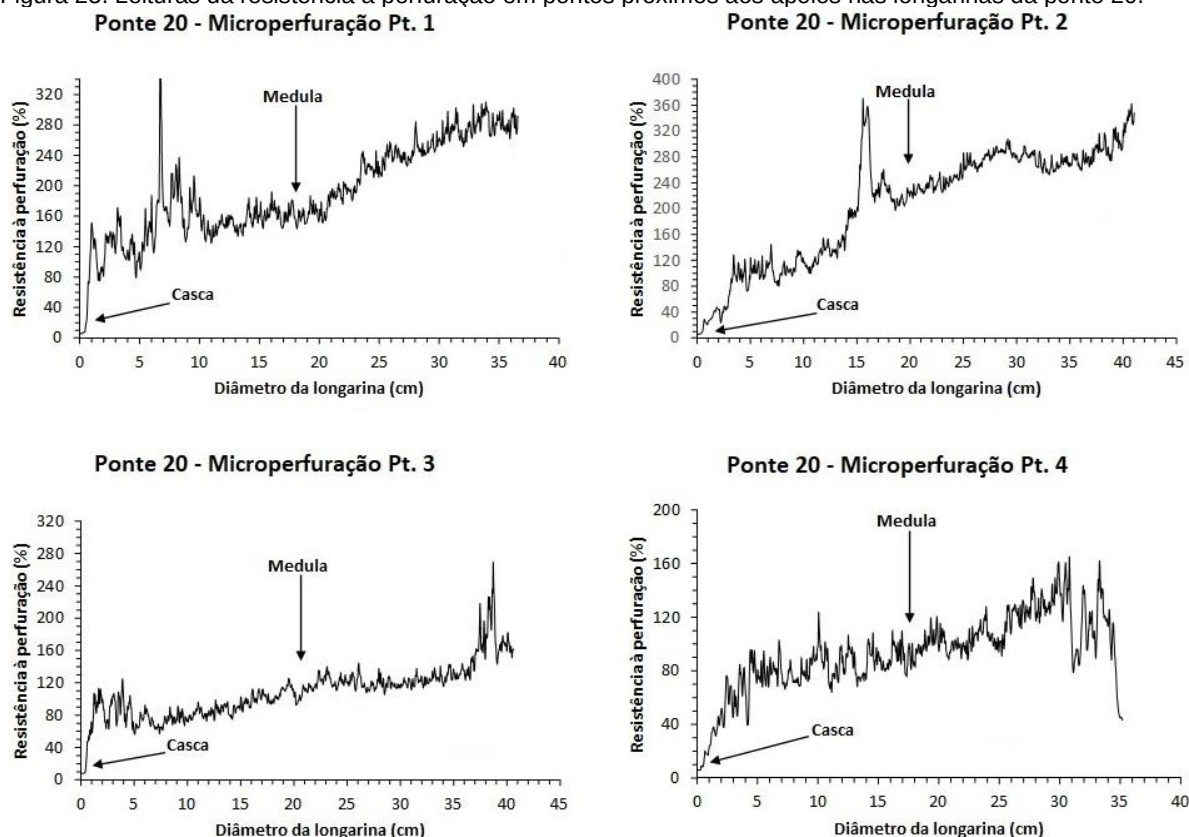
Figura 24. Pontos de inspeção com resistografia próximos aos apoios da ponte 20: A) Visão por cima do tabuleiro na direção externa do rodeiro; B) Visão lateral da longarina de madeira roliça.



Fonte: O autor.

O comportamento dos perfis de resistência à perfuração da Ponte 20, demonstraram bons resultados (Figura 25), mantendo-se a amplitude em percentual, acima de 100% nos pontos 1 e 2 e nos pontos 3 e 4 na ordem de 80%. Esses bons resultados, são em função das novas peças estruturais de madeira aplicadas na reconstrução da ponte.

Figura 25. Leituras da resistência à perfuração em pontos próximos aos apoios nas longarinas da ponte 20.

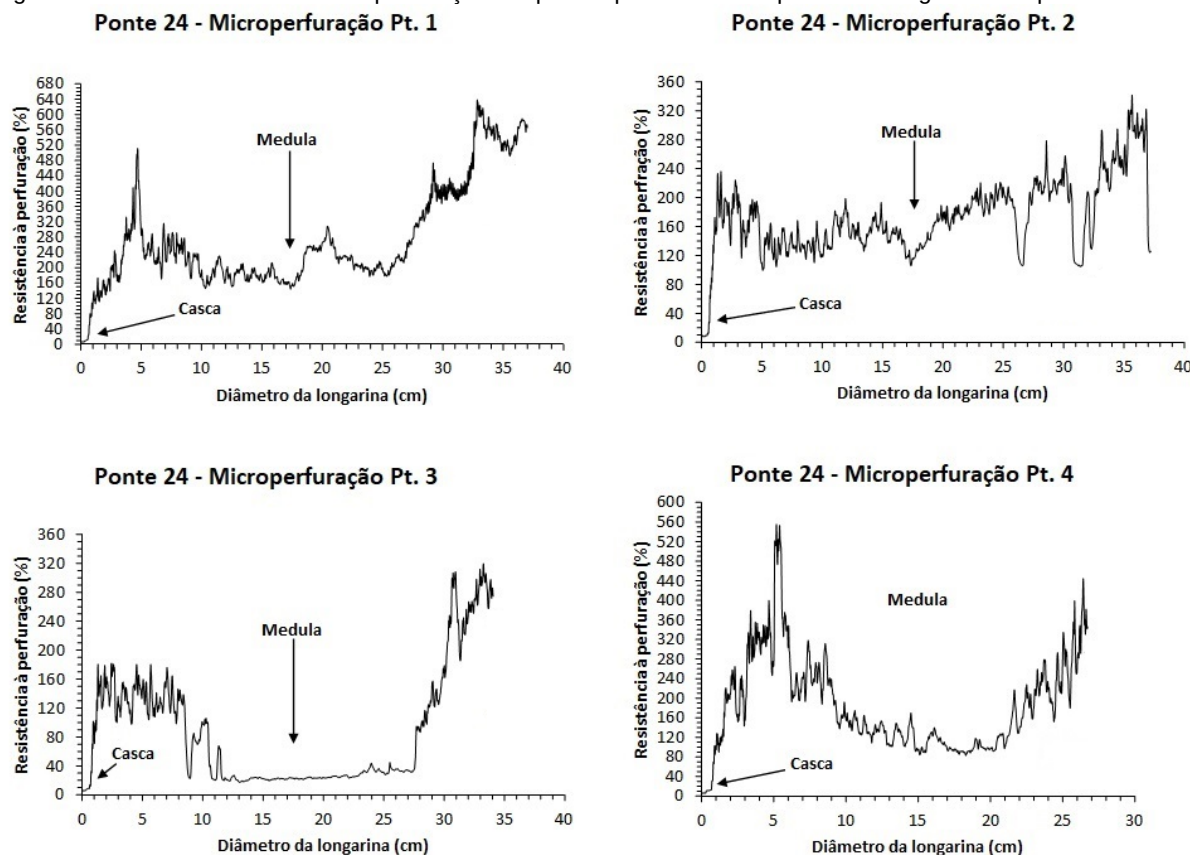


Fonte: O autor.

Os resultados dos perfis 1, 2 e 3 apresentam picos de resistência, influenciado pelo atrito da haste de perfuração, mas no geral, todos os perfis apresentaram uma boa resistência à perfuração, mantendo-se crescente na amplitude, demonstrando que as peças novas de madeira, recém trocadas, estavam em boas condições internas.

O comportamento da resistência à perfuração dos perfis analisados na Ponte 24 revela diferentes valores de amplitude (Figura 26), compreendendo em uma estrutura aparentemente biodeteriorada em sua superfície, atacada por fungos e organismos xilófagos observado nas inspeções visuais in loco (Anexo B42).

Figura 26. Leituras da resistência à perfuração em pontos próximos aos apoios nas longarinas da ponte 24.

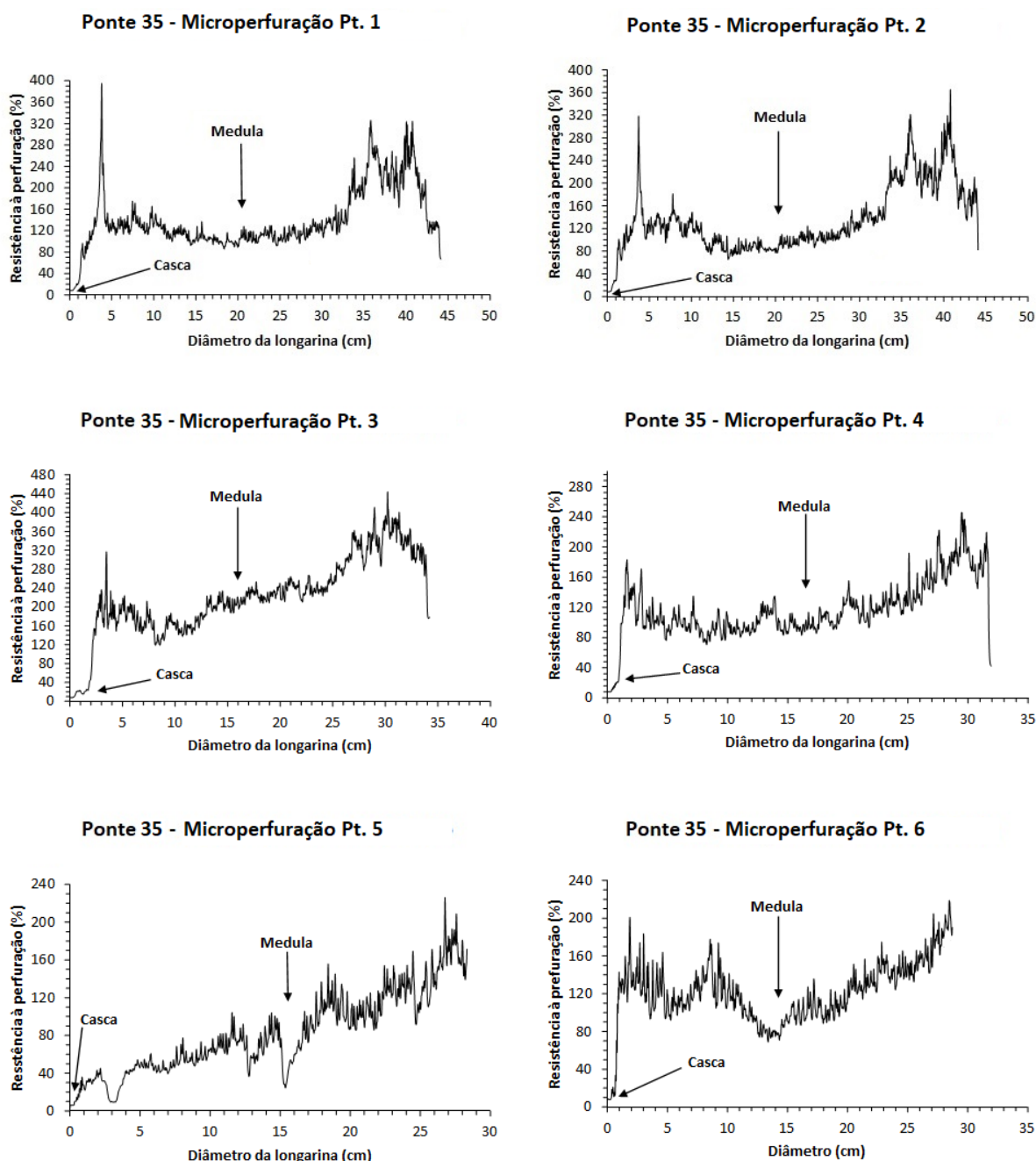


Fonte: O autor.

Na análise dos perfis, observa-se que todos demonstraram grande oscilação ao longo do avanço da haste ocasionado pelo atrito gerado. O perfil 1, na profundidade de 5 cm, teve um pico de amplitude proveniente do atrito gerado, mas decaindo em 6 cm, mantendo-se regular até ultrapassar a medula, voltando a oscilação na profundidade de 29 cm conforme o avanço da haste. Já o perfil 2 manteve-se oscilante até a medula, onde teve uma queda de amplitude, voltando a ascender conforme o avanço da haste. Contudo, na profundidade de 23 e 32 cm, apresenta pontualmente quedas bruscas em torno de 1cm cada, demonstrando deterioração. Com um menor percentual na amplitude de resistência à perfuração, o perfil 3 indica uma queda próxima de 20% na profundidade de 11,5 e 27,5 cm, evidenciando considerável deterioração interna da longarina. No perfil 4, a amplitude teve seu pico em 5 cm, decaindo até 21 cm e voltando a subir conforme o avanço da broca. Entretanto, mesmo que na inspeção visual indica que a estrutura da ponte 24 esteja superficialmente deteriorada, em contrapartida, as peças indicam estar em bom estado, com exceção da peça representada pelo perfil 3 que demonstrou consideravelmente biodeteriorada internamente.

Na análise dos perfis de amplitude gerados pelo resistógrafo (Figura 27), em pontos estratégicos nas longarinas da Ponte 35, compreendendo em uma estrutura de grande porte apresentando danos severos em função de ataques por agentes bióticos e abióticos descritos na ficha de inspeção (Anexo A1).

Figura 27. Leituras da resistência à perfuração em pontos próximos aos apoios nas longarinas da ponte 35.



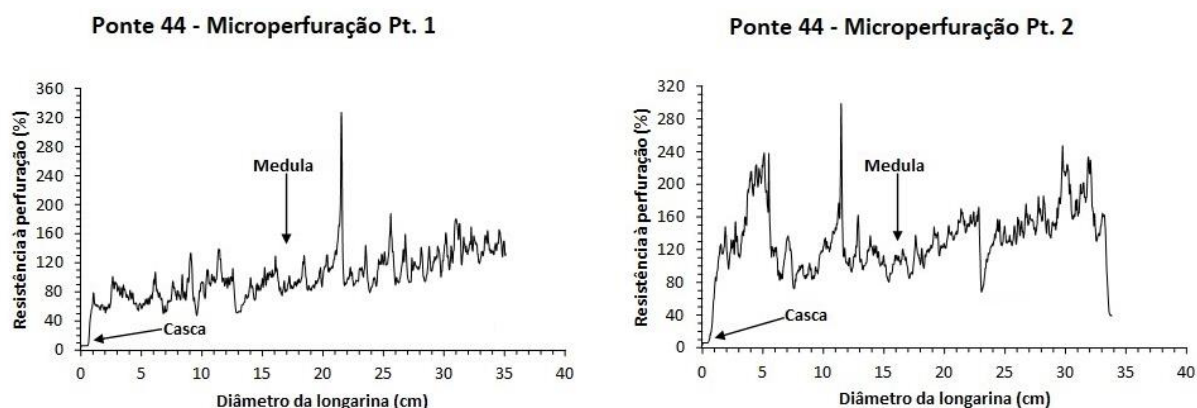
Fonte: O autor.

Na análise dos perfis 1 e 2 (Figura 27), ambos demonstraram similaridade, porém com valores de amplitude diferentes, apresentando picos de resistência entre

2,0 e 4,0 cm, ocasionados pelo atrito gerado na haste de perfuração, causados por pó de serra, tendo uma linearidade de queda na amplitude subsequente a 4,0 cm até a medula, não configurando em uma deterioração severa, pelo fato de que o percentual da amplitude de resistência à perfuração manteve-se acima de 60%. Os perfis 3, 4 e 6 não apresentaram picos de resistência muito elevados, mas os seus resultados foram relativamente melhores do que os dos perfis 1 e 2, que alcançam amplitudes com percentuais acima de 80%. Já o perfil 5, apresentou na profundidade de 3 cm, apenas 10% de resistência, como também na região da medula com 20% de resistência, evidenciando pontos de deterioração.

A Ponte 44 trata-se de uma estrutura recém construída, mas executada com uma altura bem próxima da lâmina d'água, 60 cm, como mostrado no (Anexo B45), apresentando impregnação por lama e ataque por fungos. Esta ponte apresentou uma resistência à perfuração no perfil 1 de 80% e no perfil 2 110% (Figura 28).

Figura 28. Leituras da resistência à perfuração em pontos próximos aos apoios nas longarinas da ponte 44.



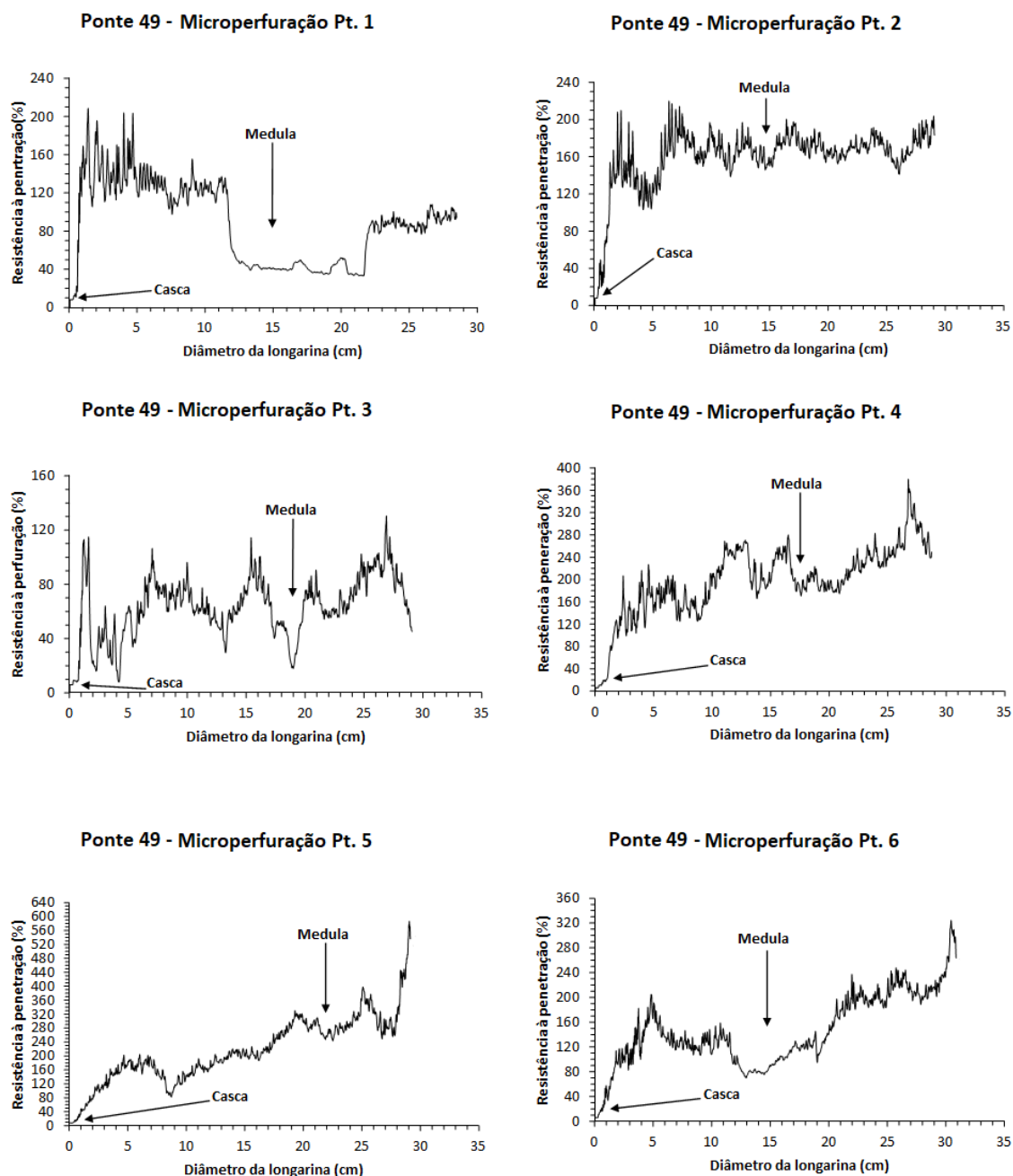
Fonte: O autor.

O pico de amplitude no perfil 1 a uma profundidade de 21 e 22 cm do diâmetro da peça, apresentou um pico de 330% e não pode ser levado em consideração, em decorrência do atrito gerado pela haste do resistógrafo. O perfil 2 apresentou picos em torno de 210% em sua amplitude nas profundidades de perfuração de 4 a 6 cm e entre 11 e 12 cm, variando entre 240 e 300% devido ao atrito gerado pela haste do resistógrafo. Porém com amplitudes médias para Pt. 1 em torno de 80% e Pt. 2 de 110% indicando que as peças estão em boas condições internas, mesmo que próximas a lâmina d'água.

Na Ponte 49, foi observado na inspeção visual realizada *in loco*, conforme apresentado no (Anexo B24), que todas as peças de madeira constituintes em sua

estrutura foram substituídas recentemente, contudo, alguns perfis de resistência a perfuração apresentam quedas significativa (Figura 29).

Figura 29. Leituras da resistência à perfuração em pontos próximos aos apoios nas longarinas da ponte 49.



Fonte: O autor.

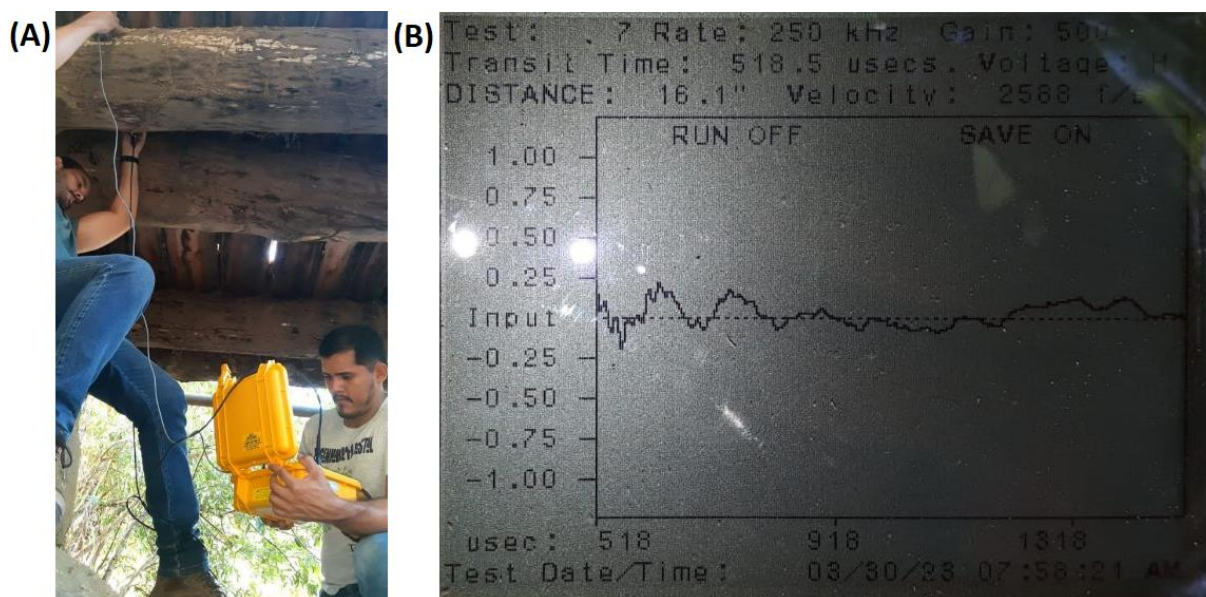
No perfil do ponto 1 de microperfuração, nota-se que houve um pico de resistência à perfuração logo no início, chegando a quase 200% de amplitude devido a decorrência do atrito gerado pela haste. Como também, entre 12 e 22 cm ocorreu uma queda brusca (Figura 29), ficando com uma amplitude média de 40%,

demonstrando deterioração interna da peça. Na mesma peça, o ponto 6 apresentou o comportamento similar nas profundidades de 13 a 19 cm, evidenciando deterioração interna.

6.5 Avaliações qualitativa com ultrassonografia: inspeções em longarina de madeira

Utilizando a ultrassonografia, foram realizadas avaliações qualitativas para verificação da sanidade interna das peças e madeira, com a velocidade de propagação do pulso ultrassônico, avaliando pontualmente na seção transversal em função do diâmetro da peça para o percurso da onda (Figura 31).

Figura 30. A) Ensaio de ultrassonografia realizado na porção inferior de uma ponte; B) Perfil da amplitude da onda gerado pelo ultrassom.



Fonte: O autor.

A Tabela 2 apresenta a velocidade de propagação da onda calculada pela equação 1. Sendo uma avaliação no Pt. 2 da ponte 17, uma no Pt. 1 da ponte 19 e duas avaliações na ponte 49 Pt. 1 e 2, compreendendo nas mesmas peças que foram realizadas as avaliações com resistografia.

Tabela 2. Valores da velocidade de propagação do pulso ultrassônico.

Avaliações com ultrassom				
Ponte	Pt.	ΔL (m)	Δt (s)	Vel. da onda (m/s)
17	2	0,38	0,0002	1608,13
19	1	0,45	0,0003	1390,61
49	1	0,40	0,0006	701,75
	2	0,40	0,0003	1600,00

Fonte: O autor.

Os resultados das inspeções das Pontes 17, 19 e 49, apresentaram uma velocidade de propagação ultrassônica alta em seus respectivos pontos, com exceção do ponto 2 da ponte 49, que teve uma velocidade quase 50% menor. Reinprecht (2009), em sua pesquisa analisou vigas de madeira da Basílica de Egidius em Bardejov na Eslováquia, determinando que onde havia ataques por agentes bióticos a velocidade de propagação de ondas ultrassônicas eram entre (300 - 400 m/s) e em locais onde aparentemente as peças estavam menos atacadas, a velocidade de ondas ultrassônicas ficou entre (900 – 1300 m/s).

Na análise comparativa dos dados de ultrassonografia, a velocidade da onda, nos pontos 2, 1 e 2 respectivamente das três pontes mostraram que internamente as estruturas estão em boas condições (Tabela 2). Comparando o método de resistografia e ultrassonografia, no ponto 1 da ponte 49, ambos apresentaram resultados semelhantes, demonstrando que a longarina se encontra deteriorada, disposto que o perfil do ponto 1 da microperfuração apresenta uma perda de resistência a perfuração significativa e a velocidade de propagação da onda ultrassônica baixa.

7. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos nesse trabalho e nas observações desenvolvidas a respeito das pontes de madeira existentes no município de Alegre – ES são apresentadas as seguintes conclusões:

- a elaboração da ficha de inspeção contribuiu para a caracterização das pontes, a fim de identificar o sistema construtivo, catalogar e avaliar o estado de conservação dos elementos estruturais e construtivos. Contribuiu também, para a identificação dos principais agentes deterioradores (bióticos e abióticos), causadores de patologias nas estruturas de madeira das pontes;

- a inspeção visual e as técnicas não destrutivas (NDT) utilizados, possibilitaram avaliar a sanidade dos elementos estruturais construtivos, mostrando-se eficientes no sentido de detectar se as peças apresentavam ataques por agentes bióticos (deterioradores) ou possíveis danos físicos como fissuras, abrasão e recalques;

- com base nas pontes vistoriadas, foi possível identificar que de modo geral, elas não passam por critérios de inspeções periódicas e manutenções, seja ela preditiva, preventiva ou corretiva (planejada), mas somente a corretiva não planejada;

Com os resultados dessa pesquisa, ficou evidente o nível de urgência no sentido de uma intervenção imediata de forma ordenada, com o intuito de preservar a integridade estrutural das pontes e principalmente a segurança dos usuários.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, B. L.; LIMA, F. T.; RABELO, G. F.; GOMES, F. C.; TRUGILHO, P. F.; ELOY, F. S. Avaliação não destrutiva de estruturas de madeiras em edifício histórico de Tiradentes, MG. **Cerne**, v. 19, n. 3, p. 481-487, 2013.

ARRIGA, F.; PERAZA, F.; ESTEBAN, M.; BOBADILLA, I.; GARCÍA, F. **Intervención em estructuras de madera**. Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera, Madrid, España, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 7190-1: Projeto de estruturas de madeira Parte 1: Critérios de dimensionamento. Rio de Janeiro, 2022, 81 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 9452**: Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro, 2016, 48 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5674**: Manutenção de edificações – Procedimento. Rio de Janeiro, 1999, 6p.

ALMEIDA, C. F. A. M.; DEL MENEZZI, C. H. S.; SILVA, T. C. Uso da avaliação não destrutiva em vigotas de angelim vermelho (*Dinizia excelsa* Ducke). **Ciência da Madeira**, v. 3, n. 2, p. 128-143, 2012. Doi: <http://dx.doi.org/10.12953/2177-6830.v03n02a06>

ALVES, R. C.; OLIVEIRA, J. T. S.; MOTTA, J. P.; PAES, J. B. Caracterização anatômica macroscópica de madeiras folhosas comercializadas no estado do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 3, p. 352-361, 2012. Doi: <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2012.042>

BELTRAME, R.; PERES, M. L.; DELUCIS, R. A.; FREITAS, D. L.; GATTO, D. A.; HASELEIN, C. R. Tensões de crescimento longitudinais e propriedades mecânicas da madeira de clones de *Eucalyptus* spp. **Revista Matéria**, v. 20, n. 4, p. 1061-1074. 2015. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-707620150004.0108>

BONAMINI, G. **Restraining timber structures – Inspection and evaluation**. Università degli Studi di Firenze. In: Timber Engineering STEP 2 lecture D3, Design – Details and structural systems, Eurofortech. ISBN 90-5645-002-6. The Netherlands, 1995.

BORRELLO, M.; ALTOMONTE, E.; CEMBALO, L.; D'AMICO, V.; LOMBARDI, A. Circular bioeconomy and the forest-wood sector: Bridging the gap between policies and disadvantaged forest areas. **Applied Sciences**, v. 13, n.3, e1349, 2023. Doi: <https://doi.org/10.3390/app13031349>

BOTOSSO, P. C. Identificação macroscópica de madeiras: guia prático e noções básicas para o seu reconhecimento. **Colombo: Embrapa Florestas**, 2011, 65p.

BRASHAW, B. K.; VATALARO, R.; WANG, X.; SARVELA, K. Development of flexural vibration inspection techniques to rapidly assess the structural health of rural bridge

systems. **Natural Resources Research Institute Univesrity of Minnesota**, Duluth. USDA. FPL. CTS 08-22. 2008.

BRASIL. Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – Procedimento. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (010/2004-PRO) - Diretoria de Planejamento e Pesquisa/IPR. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/procedimento-pro/DNIT_010_2004_PRO/view. Acesso em: 30 dez. 2022.

BRITO, L. D. **Patologia em estruturas de madeira: metodologia de inspeção e técnicas de reabilitação**. 2014. 502 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

BRITO, L. D.; CALIL JÚNIOR, C. Inspection to assessment and intervention proposal of timber roof structures by "Tekno" at gymnasium at "São Carlos Clube" in Brazil, 2013, **Anais....** Madison, WI: U.S. Departament of Agriculture, 2013a.

BRITO, L. D.; CALIL JÚNIOR, C Nondestructive assessments of the timber roof structure of the "São Francisco Church" in Florianopolis, Brazil "São Carlos Clube" in Brazil. 2013, **Anais...** Madison, WI: U.S. Departament of Agriculture, 2013b.

CANDIAN, M.; SALES, A. Aplicação das técnicas não destrutivas de ultra-som, vibração transversal e ondas de tensão para avaliação de madeira. **Ambiente Construído**, v. 9, n. 4, p. 83-98, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212009000400519>

CALIL JUNIOR, C.; MINÁ, A. J. S. Vibração transversal: um método eficiente para classificação de peças estruturais de madeira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 335-338, 2003. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662003000200025>

CALIL JÚNIOR, C.; BRITO. L. D. **Manual de Projeto e Construção de Estruturas com Peças Roliças de Madeira de Reflorestamento**. São Carlos: EESC/USP, 2010.

CALIL JÚNIOR, J.; DIAS, A. A.; GÓES, J. L. N.; CHEUNG, A. B.; STAMATO, G. C.; PIGOZZO, J. C.; OKIMOTO, F. S.; LOGSDON, N. B.; BRAZOLIN, S.; LANA, E. L. **Manual de projeto e construção de pontes de madeira**. São Carlos: Suprema, 252 p., 2006.

CARRASCO, E. V. M.; ALVES, R. C.; SMITS, M. A.; PIZZOL, V. D.; OLIVEIRA, A. L. C.; MANTILLA, J. N. R. Influence of the applied pressure of the transducer on the propagation speed of the ultrasonic wave in wood. **Holzforschung**, v. 75, n. 12, p. 1097-1103, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1515/hf-2020-0272>

CARREIRA, M. R.; SEGUNDINHO, P. G. A.; LAHR, F. A. R.; DIAS, A. A.; CALIL JUNIOR, C. Bending stiffness evaluation of Teca and Guajará lumber through tests of transverse and longitudinal vibration. **Acta Scientiarum**, v. 34, n. 1, p. 27-32, 2012. Doi: <http://doi.org/10.4025/actascitechnol.v34i1.10728>

CHRISTOFORO, A. L.; BLECHA, K. A.; CARVALHO, A. L. C.; REZENDE, L. F. S.; LAHR, F. A. R. Characterization of tropical wood species for use in civil constructions.

Journal of Civil Engineering Research, v. 3, n. 3, p. 98-103, 2013. Doi: <http://doi.org/10.5923/j.jce.20130303.02>

CHEN Y, GUO W. Mechanical properties evaluation of two wood species of ancient timber structure with nondestructive testing methods. **BioResources**, v. 11, n. 3, p. 6600–6612, 2016.

COSTA, L. F. S. **Tipificação de Soluções de Reabilitação de Pavimentos Estruturais em Madeira em Edifícios Antigos**. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2008.

COSTELLO, L. R.; QUARLES, S. L. Detection of wood decay in blue gum and elm: an evaluation of the resistograph and the portable drill. **Journal of Arboriculture**, v. 25, n. 6, p. 311-317, 1999.

CRUZ, H. Patologia, avaliação e conservação de estruturas de madeira. II Curso Livre Internacional de Patrimônio. **Associação Portuguesa dos Municípios com centro histórico**. Fórum UNESCO Portugal. Santarém, Fevereiro/Março de 2001.

CUCCO, P. A methodological approach for sustainable conservation and protection of historical timber bridges by encouraging their recognition as a world heritage site. **International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development**, v. 13, n. 3, 2022. Doi: <https://doi.org/10.22712/susb.20220026>.

DIJK, R. V.; GONCALVES, R.; SORIANO, J. Conversion Mode of the Ultrasound Wave. In: 18th International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium, 2013, Madison - WI. Proceedings 18th International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium, 2013.

FRANÇA, S. F. A., ARANTES, M. D. C., PAES, J. B., VIDAURRE, G. B., OLIVEIRA, J. T. S., BARAÚMA, E. E. P. Características anatômicas e propriedades físico-mecânicas das madeiras de duas espécies de Mogno Africano. **Cerne**, v. 21 n. 4, p. 633-640, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/01047760201521041877>

FLORSHEIM, B. M. S.; RIBEIRO, P. A.; LONGUI, L. E.; ANDRADE, M. I.; OLIVEIRA, S. J.; CHIMELO, P. J.; SOARES, K. R.; GOUVEIA, C. T.; MARQUES, N. V. **Identificação macroscópica de madeiras comerciais do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto Florestal, 2020,392p.

GATTO, D. A.; GONÇALVES, M. R. F.; MATTOS, B. D.; CALEGARI, L.; STANGERLIN, D. M. Estimativa da deterioração da madeira de assoalho de prédio histórico por meio de ondas ultrassônicas. **Cerne**, v. 18, n. 4, p. 651-656, 2012. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0104-77602012000400015>

GOUVÊA, A. F. G.; TRUGILHO, P. F.; GOMIDE, J. L.; SILVA, J. R. M.; ANDRADE, C. R.; ALVES, I. C. N. Determinação da densidade básica das madeiras de *Eucalyptus* por diferentes métodos não destrutivos. **Revista Árvore**, v. 35, n. 2, p. 349-358, 2011. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000200019>

GONÇALVES, F. G.; LELIS, R. C. C. Caracterização tecnológica da madeira de *Acacia mangium* Willd em plantio consorciado com eucalipto. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 3, p. 286-295, 2012. Doi: <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2012.034>.

GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. T. S.; TOMAZELLO FILHO, M.; REZENDE, G. D. S. P. Estimativa da densidade básica da madeira de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* por método não destrutivo. **CERNE**, v. 13, p. 119-128, 2007. (Suplemento).

GUPTA, M.; KHAN, M. A.; BUTOLA, R.; SINGARI, R. M. Advances in applications of non-destructive testing (NDT): A review. *Advances in Materials and Processing Technologies*, v. 8, n. 2, p. 2286-2307, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1080/2374068X.2021.1909332>

GUTKOWSKI, R. M.; BROWN, K.; SHIGIDI, A.; NATTERER, J. Investigation of notched composite wood-concrete connections. **Journal of Structural Engineering**, v. 130, n. 10, p. 1553-1561, 2004. Doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9445\(2004\)130:10\(1553\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(2004)130:10(1553))

HIGHLEY, T. L.; SCHEFFER, T. **Controlling decay in waterfront structures. Evaluation, Prevention, and Remedial Treatments**. Unites States Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. FPL-RP-494. Madison, WI, United States, 1989. Disponível em: https://www.fpl.fs.usda.gov/products/publications/specific_pub.php?posting_id=16267. Acesso em: 03 de dez. 2022.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico de 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/22827-censo-demografico-2022.html?=&t=downloads>. Acesso em: 27 de abr. 2023.

IJSN - INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES. Mapas por município. Disponível em: <http://www.ijsn.es.gov.br/mapas/>. Acesso em: 8 Fev. 2023.

JAMALA, G.Y., OLUBUNMI, S.O., MADA, D.A., ABRAHAM, P. Physical and mechanical properties of selected wood species in tropical rainforest ecosystem, Ondo State, Nigeria. **Journal of Agriculture and Veterinary Science**, v. 5, n. 3, p. 29-33, 2013.

KLOIBER, M.; DRDÁCKY, M.; MACHADO, J. S.; PIAZZA, M.; YAMAGUCHI, N. Prediction of mechanical properties by means of semi-destructive methods: A review. **Construction and Building Materials**, v. 101, p. 1215-1234, 2015. Doi: <http://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.05.134>

KROMOSER, B.; REICHENBACH, S.; HELLMAYR, R.; MYNA, R.; WIMMER, R. Circular economy in wood construction – Additive manufacturing of fully recyclable walls made from renewables: Proof of concept and preliminary data. **Construction and Building Materials**, 344, 128219, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.128219>

LIMA, J. T.; SARTÓRIO, R. C.; TRUGILHO, P. F.; CRUZ, C. R.; VIEIRA, R. S. Uso do resistógrafo para estimar a densidade básica e a resistência à perfuração da madeira de Eucalyptus. **Scientia Forestalis**, n. 75, p. 85-93, 2007.

LIUZZI, M. A.; FIORE, A.; GREGO, R. Some structural design issues on a timber bridge for pedestrians. **Procedia Manufacturing**, v. 44, p. 583-590, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.252>

LOSKE, S.; MUENCH, I. Experiments and modelling of the load capacity of green wood. **Proceedings in Applied Mathematics & Mechanics**, v. 23, n. 1, e202200290, 2023. Doi: <https://doi.org/10.1002/pamm.202200290>

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

MARCHETTI, O. **Pontes de concreto armado**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 246 p., 2018.

MARQUES, L. E. M. M. **O papel da madeira na sustentabilidade da construção**. 2008. 111 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2008.

MELO, R. R.; DEL MENEZZI, C. H. S. Estimativas das propriedades físico-mecânicas de compostos LVL confeccionados com paricá por meio de ultrassom. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p. 263-272, 2016. Doi: <https://dx.doi.org/10.5902/1980509821118>

MILANI, C. J.; KRIPKA, M. A Identificação de patologias em pontes de madeira: diagnóstico Realizado no sistema viário do município de Pato Branco- Paraná. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 4, n. 1, p. 23-33, 2012. Doi: <http://doi.org/10.5216/reec.v4i1.17726>

MORESCHI, J. C. **Biodegradação e preservação da madeira**. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal – UFPR; 4ª edição: abril / 2013.

NIEMZ, P.; MANNES, D. Non-destructive testing of wood and wood-based materials. **Journal of Cultural Heritage**, v. 13, n. 3, Supplement, p. 26-34, 2012. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.culher.2012.04.001>.

NUTTO, L., BIECHELE, T. Drilling resistance measurement and the effect of shaft friction – using feed force information for improving decay identification on hard tropical wood. **Anais...** Rio de Janeiro, Brazil. 2015 WI: Department of Agriculture, 2015.

OLIVEIRA, J. T. S., WANG, X., VIDAURRE, G. B. Assessing Specific Gravity of Young Eucalypt Plantation Trees Using a Resistance Drilling Technique. **Anais**. Rio de Janeiro, Brazil. 2015 WI: Department of Agriculture, 2015.

OLAOYE, K. O.; OJO, M. O. Non-destructive acoustic assessment of wood quality in trees and logs and the effects of silvicultural treatments: a review. **International Wood Products Journal**, v. 13, n. 3, p. 156-171, 2022. Doi: <http://doi.org/10.1080/20426445.2022.2061255>

ÖSTERBERG, P. **Wood quality and geometry measurements based on cross section images**. 2009, 192 f. Thesis (Doctorate in Technology) - Tampere University of Technology, Tampere, 2009.

PARRA, D. A. C.; GALVÃO, J. P. P.; SILVA, J. S. Pathologies in wooden structure. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 8, p. e33611830268, 2022. Doi: <http://doi.org/10.33448/rsd-v11i8.30268>

PIZZOL, V. D.; KRUGER, P. G. V.; RESENDE, M. A.; ALVES, R. C.; CARRASCO, E. V. M.; MANTILLA, J. N. R.; SMITS, M. A. Mechanical characterization of wooden panels using ultrasonic waves and impulse excitation. **International Journal of Science and Research Methodology**, v. 15, n.4, p. 25-36, 2020.

PROATER - Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural, Planejamento 2020-2023, ELDR - **Incaper**, Alegre, ES, 2020, 62p.

RACERO, C. S. E.; NIETO, B. I. B.; ÁVILA, J. R. H. Physical and mechanical properties of the wood used in Indigenous Housing of the Tuchín Township. Department of Córdoba. **Inge Cuc**, v. 11, n. 1, p. 99-108, 2015. Doi: <http://doi.org/10.17981/ingecuc.11.1.2015.10>

REINPRECHT, L. Diagnostic of the degraded zones of fir beam situated in the st. Egidius' basilica in Bardejov. **Forestry and Wood Technology**, v. 67, p. 201-207, 2009.

RIBEIRO, E. S.; GONÇALEZ, J. C.; SOUZA, R. S.; PAULA, M. H. Avaliação de propriedades mecânicas da madeira por meio de métodos destrutivos e não-destrutivos. **Nativa**, v. 4, n. 2, p. 103-106, 2016. Doi: <https://doi.org/10.31413/nativa.v4i2.3408>

RINN, F.; SCHWEINGRUBER, F. H.; SCHAR, E. Resistograph and X-ray density charts of wood compa- rative evaluation of drill resistance profiles and X-ray density charts of different wood species. **Holzforschung**, v. 50, n. 4, p. 303-311, 1996. Doi: <http://doi.org/10.1515/hfsq.1996.50.4.303>

RITTER, M, A. **Timber Bridges: Design, Construction, Inspection, and Maintenance**. Chapter 1: Historical Development of Timber Bridges. United States Department of Agriculture, USDA. Forest Service. United States, 1990.

RITTER, M, A.; MORRELL, J. J. **Timber Bridges**: Design, construction, inspection, and maintenance. Chapter 13: Bridge Inspection for Decay and Other Deterioration. United States Department of Agriculture, USDA. Forest Service. United States. 1990.

ROLLO, F. M. A.; JUNIOR, M. A. S.; VIANA, S. M. V.; ROLLO, L. C. P.; COUTO, H. T. Z.; FILHO, D. F. S. Comparação entre leituras de resistógrafo e imagens tomográficas na avaliação interna de troncos de árvores **Cerne**, v. 19, n. 2, p. 331-337, 2013.

ROSS, R. J.; BRASHAW, B. K.; WANG, X. Structural condition assessment of in-service wood. **Forest Products Journal**, v. 56, p. 4-8, 2006.

ROSS, R. J. **Nondestructive evaluation of wood**: second edition. General Technical Report FPL-GTR-238. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, (Ed.). 169 p., 2015.

ROSS R. J., PELLERIN R. F., 2002: **Nondestructive evaluation of wood**. Forest Product Society, Madison, USA, 210 p.

SCHNEID, E.; GATTO, D. A.; CADEMARTORI, P. H. G.; HAMM, L. G.; STANGERLIN, D. M. Avaliação não destrutiva de postes de madeira utilizados na rede elétrica da região metropolitana de Porto Alegre. **Ciência da Madeira**, v. 2, n. 1, p. 43-52, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.12953/2177-6830.v02n01a04>

SEGUNDINHO, P. G.; OLIVEIRA, R. G. E.; GONÇALVES, F. G.; LOPES, N. F.; ALVES, R. C.; AZEVEDO, M. S. Avaliação da madeira do híbrido de *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus urophylla* para utilização em madeira lamelada colada. **Revista Matéria**, v. 26, n. 3, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620210003.13030>

SEGUNDINHO, P. G. A.; COSSOLINO, L. C.; PEREIRA, A. H. A.; CALIL JUNIOR, C. Aplicação do método de ensaio das frequências naturais de vibração para obtenção do módulo de elasticidade de peças estruturais de madeira. **Revista Árvore**, v. 36, n. 6, p. 1155-1161, 2012. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622012000600016>

SENALIK, C. A.; WACKER, J. P.; WANG, X. Evaluating the efficacy of ground-penetrating radar as an inspection tool for timber bridges. In: Conference Proceedings, 4th International Conference on Timber Bridges Biel/Bienne, Switzerland, 9 -12 may 2022. <https://doi.org/10.24451/6j5j-qw13>

SINGH, T.; ARPANAEI, A.; ELUSTONDO, D.; WANG, Y.; STOCCHERO, A.; WEST, T. A. P.; FU, Q. Emerging technologies for the development of wood products towards extended carbon storage and CO₂ capture. **Carbon Capture Science & Technology**, v. 4, 10057, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ccst.2022.100057>

STANGERLIN, D. M.; CAVALCANTE, C. F. P.; COSTA, C. A.; PARIZ, E.; MELO, R. R.; DALL'OGGIO, O. T. Propriedades mecânicas de madeiras amazônicas estimadas por meio de métodos de propagação de ondas ultrassônicas. **Nativa**, v. 5, esp., p. 628-633, 2017. Doi: <http://dx.doi.org/10.5935/2318-7670.v05nespa25>

STANGERLIN, D. M.; COSTA, A. F.; GARLET, A.; PASTORE, T. C. M. Resistência natural da madeira de três espécies amazônicas submetidas ao ataque de fungos apodrecedores. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 4, n. 1, p. 15-32, 2013. Doi: <http://doi.org/10.12953/2177-6830.v04n01a02>

STANGERLIN, D. M.; CORASSA, J. N.; GATTO, D. A.; PEREIRA, R. L.; CASTELO, P. A. R. Caracterização mecânica de madeiras deterioradas em campo por meio de ultrassom e flexão estática. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 3, p. 365-372, 2015. Doi: <https://doi.org/10.14295/cs.v6i3.828>

STEINBERG, E.; SELLE, R.; FAUST, T. Connectors for timber-lightweight concrete composite structures. **Journal of Structural Engineering**, v. 129, n. 11, p. 1538-1545, 2003. Doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9445\(2003\)129:11\(1538\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(2003)129:11(1538))

SOUSA, H. M. S.; **Methodology for safety evaluation of existing timber elements**. 2013, 260 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Braga, Guimarães, Portugal, 2013.

SOUZA, S. R.; FAJARDO, A. A.; CAMARGOS, I. M. S.; LOPES, M. F. B.; BARBOSA, M. T. G.; GARCIA, D. C. S.; SANTOS, W. J. Non-destructive testing in the strategic research on the performance of bridges. **Journal of Management and Sustainability**, v. 13, n. 1; p. 81-102, 2023. Doi: <https://doi.org/10.5539/jms.v13n1p81>

TARGA, L. A.; BALLARIN, A. W.; BIAGGIONI, M. A. M. Avaliação do módulo de elasticidade da madeira com uso de método não-destrutivo de vibração transversal. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 2, p. 291-299, 2005.

TAVUKÇUOĞLU, A. Non-Destructive testing for building diagnostics and monitoring: Experience achieved with case studies. **MATEC Web of Conferences**, v. 149, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201814901015>

TEREZO, R. F.; SZÜCS, C. A. Análise de desempenho de vigas em madeira-laminada-colada de parica (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke). **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 87, p. 471-480, 2010.

TOONG, W.; RATNASINGAM, J.; ROSLAN, M.K.M.; HALIS, R. The prediction of wood properties from anatomical characteristics: the case of common commercial Malaysian timbers. **BioResources**, v. 9, n. 3, p. 5184-5197, 2014.

VIVIAN, M. A.; SANTINI, E. J.; MODES, K. S.; GARLET, A.; MORAI, W. W. C. Resistência biológica da madeira tratada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana* a fungos apodrecedores em ensaios de laboratório. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 1, p. 175-183, 2015. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/10.1590/1980-509820152505175>

WHITE, R. H.; KUKAY, BRIAN.; WACKER, J. P. Options for NDE assessment of heat and fire damaged wood. In: 18th International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium, 2013, Madison - WI. Proceedings. Departament of Agriculture, 2013.

ZANATTA, P.; BALDIN, T.; RIBES, D. D.; SANTOS, P. S. B. Macroscopia da madeira de *Eucalyptus* como ferramenta para identificação a campo. **Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica**, v. 53, n. 4, p. 587-595, 2018. Doi: <http://dx.doi.org/10.31055/1851.2372.v53.n4.21981>

**APÊNDICE A – FICHAS DE INSPEÇÃO POR QUADRANTE: AVALIAÇÃO VISUAL
E CADASTRO DAS PONTES SUBMETIDAS AOS ENSAIOS TECNOLÓGICOS NO
MUNICÍPIO DE ALEGRE**

A1 - PONTE 35

FICHA DE INSPEÇÃO	
Identificação e Localização	Data: 17/11/2022
Ponte: P35 - Quadrante A	Localidade: Celina
Curso d'água: Celina/S. João Norte	Ano da Construção:
Coordenadas Geográficas	
Latitude: S 20°37.308'	Longitude: W 041° 36.738'
Elevação: 665 m	
Administração	
(X) Município de Alegre-ES () Outros	
Histórico de Manutenção: () Boa () Regular (X) Ruim	
Última Inspeção: ____/____/____	
Manutenção: () SIM (X) NÃO	
Substituição: () SIM (X) NÃO	
Características da Ponte	
(X) Biapoiada (X) Ponte em Vigas	
(X) Estrutura de Madeira () Estrutura de Concreto	
() Ponte Reta Ortogonal (X) Ponte Esconsa () Ponte Curva	
Dimensões	
Extensão da Ponte: 35,50 m	
Vão Livre: vão 1= 8,00 m; vão 2= 13,50 m; vão 3= 10,30 m	
Largura: 3,60 m	
Número de Faixas: 01	
Altura do Tabuleiro da Lâmina d'água: 5,00 m	
Altura do guarda-corpo: ____ m	
Altura do guarda-rodas: 0,07 m	
Pavimento: () Asfalto () Concreto (X) Madeira	
Patologias	
Superestrutura (Tabuleiro): (X) Madeira () Mista () Concreto	
Fendas: (X) SIM () NÃO	
Largura: 0,05 m	
Sentido: longitudinal Quantidade: diversas	
() Insetos (X) Fungos	
(X) Vegetação () Líquens	
(X) Impregnação por Lama nas Estruturas	
() Corrosão de Componentes Metálicos	
Desgaste por Abrasão: (X) SIM () NÃO	
Superestrutura (Longarinas): (X) Madeira () Concreto	
Fendas: (X) SIM () NÃO	
Largura: 0,05 m	
Sentido: longitudinal Quantidade: diversas	
(X) Insetos (X) Fungos	
() Vegetação () Líquens	
(X) Impregnação por Lama nas Estruturas	
() Corrosão de Componentes Metálicos	
Mosoestrutura (Apoios): (X) Conc. Ciclópico () Pedra Argamassada () Solo	
() Fissuras (X) Recalque (X) Degradação	
Inspeções Visuais	
Condições Estruturais de Estabilidade	

(☐) Excelente (☐) Boa (☐) Aparentemente Boa (☐) Sofrível (☒) Precária

Ocorrência de Acidente: (☐) SIM (☒) NÃO

Probabilidade de Acidente: (☒) SIM (☐) NÃO

Necessidade de Substituição de Elementos Estruturais

Longarina: (☒) SIM (☐) NÃO

Tabuleiro: (☒) SIM (☐) NÃO

OBSERVAÇÕES GERAIS

- Ponte de grande extensão com quatro apoios e três vãos, apresentando degradação avançada em seus componentes estruturais de madeira. Ponte com fluxo de veículos de pequeno, médio e grande porte. Necessidade de intervenção urgente e necessidade de instalação de sinalização nos dois sentidos da via, indicando suas características.

A2 - PONTE 49

FICHA DE INSPEÇÃO	
Identificação e Localização	Data: 18/11/2022
Ponte: P49 - Quadrante A	Localidade: Varjão da Aurora
Curso d'água: Varjão A./S. J. Norte	Ano da Construção:
Coordenadas Geográficas	
Latitude: S 20°49.969'	Longitude: W 041° 32.834'
Elevação: 350 m	
Administração	
(X) Município de Alegre-ES () Outros	
Histórico de Manutenção: (X) Boa () Regular () Ruim	
Última Inspeção: ____/____/____	
Manutenção: (X) SIM () NÃO	
Substituição: (X) SIM () NÃO	
Características da Ponte	
(X) Biapoiada (X) Ponte em Vigas	
(X) Estrutura de Madeira () Estrutura de Concreto	
() Ponte Reta Ortogonal (X) Ponte Esconsa () Ponte Curva	
Dimensões	
Extensão da Ponte: <u>21,00</u> m	
Vão Livre: vão 1= <u>4,50</u> m; vão 2= <u>4,00</u> m; vão 3= <u>4,00</u> m; vão 4= <u>3,80</u> m	
Largura: <u>3,50</u> m	
Número de Faixas: 01	
Altura do Tabuleiro da Lâmina d'água: <u>1,40</u> m	
Altura do guarda-corpo: ____ m	
Altura do guarda-rodas: <u>0,07</u> m	
Pavimento: () Asfalto () Concreto (X) Madeira	
Patologias	
Superestrutura (Tabuleiro): (X) Madeira () Mista () Concreto	
Fendas: (X) SIM () NÃO	
Largura: <u>0,003</u> m	
Sentido: <u>longitudinais</u> Quantidade: <u>diversas</u>	
() Insetos () Fungos	
() Vegetação () Líquens	
(X) Impregnação por Lama nas Estruturas	
() Corrosão de Componentes Metálicos	
Desgaste por Abrasão: (X) SIM () NÃO	
Superestrutura (Longarinas): (X) Madeira () Concreto	
Fendas: (X) SIM () NÃO	
Largura: <u>0,003</u> m	
Sentido: <u>longitudinal</u> Quantidade: <u>diversas</u>	
(X) Insetos (X) Fungos	
() Vegetação () Líquens	
() Impregnação por Lama nas Estruturas	
() Corrosão de Componentes Metálicos	
Mosoestrutura (Apoios): (X) Conc. Ciclópico () Pedra Argamassada () Solo	
() Fissuras () Recalque () Degradação	
Inspeções Visuais	
Condições Estruturais de Estabilidade	

() Excelente (X) Boa () Aparentemente Boa () Sofrível () Precária Ocorrência de Acidente: () SIM (X) NÃO Probabilidade de Acidente: (X) SIM () NÃO Necessidade de Substituição de Elementos Estruturais Longarina: () SIM (X) NÃO Tabuleiro: () SIM (X) NÃO
OBSERVAÇÕES GERAIS
- Ponte em estrutura madeira apoiada em apoios de concreto ciclópico, com fluxo de veículos de pequeno, médio e grande porte. Necessidade de manutenção corretiva no tabuleiro e instalação de sinalização indicando suas características nos dois sentidos.

A3 - PONTE 17

FICHA DE INSPEÇÃO	
Identificação e Localização	Data: 21/10/2022
Ponte: P17 - Quadrante B	Localidade: Distrito de Anutiba
Curso d'água: Anutiba/Cachoeiro	Ano da Construção:
Coordenadas Geográficas	
Latitude: S 20°36.784'	Longitude: W 041° 25.332'
Elevação: 277 m	
Administração	
(X) Município de Alegre-ES () Outros	
Histórico de Manutenção: () Boa () Regular (X) Ruim	
Última Inspeção: ____/____/____	
manutenção: () SIM (X) NÃO	
Substituição: () SIM (X) NÃO	
Características da Ponte	
(X) Biapoiada (X) Ponte em Vigas	
(X) Estrutura de Madeira () Estrutura de Concreto	
() Ponte Reta Ortogonal (X) Ponte Esconsa () Ponte Curva	
Dimensões	
Extensão da Ponte: <u>9,00</u> m	
Vão Livre: <u>7,80</u> m	
Largura: <u>3,50</u> m	
Número de Faixas: 01	
Altura do Tabuleiro da Lâmina d'água: <u>2,70</u> m	
Altura do guarda-corpo: ____ m	
Altura do guarda-rodas: <u>0,07</u> m	
Pavimento: () Asfalto () Concreto (X) Madeira	
Patologias	
Superestrutura (Tabuleiro): (X) Madeira () Mista () Concreto	
Fendas: (X) SIM () NÃO	
Largura: <u>0,01-0,04</u> m	
Sentido: <u>longitudinal</u> Quantidade: <u>diversas</u>	
() Insetos () Fungos	
() Vegetação () Líquens	
(X) Impregnação por Lama nas Estruturas	
() Corrosão de Componentes Metálicos	
Desgaste por Abrasão: (X) SIM () NÃO	
Superestrutura (Longarinas): (X) Madeira () Concreto	
Fendas: (X) SIM () NÃO	
Largura: <u>0,03</u> m	
Sentido: <u>longitudinal</u> Quantidade: <u>diversas</u>	
(X) Insetos (X) Fungos	
() Vegetação () Líquens	
(X) Impregnação por Lama nas Estruturas	
() Corrosão de Componentes Metálicos	
Mosoestrutura (Apoios): (X) Conc. Ciclópico () Pedra Argamassada () Solo	
(X) Fissuras () Recalque () Degradação	
Inspeções Visuais	
Condições Estruturais de Estabilidade	
() Excelente () Boa () Aparentemente Boa (X) Sofrível () Precária	

Ocorrência de Acidente: () SIM (X) NÃO
Probabilidade de Acidente: (X) SIM () NÃO
Necessidade de Substituição de Elementos Estruturais
Longarina: (X) SIM () NÃO
Tabuleiro: (X) SIM () NÃO
OBSERVAÇÕES GERAIS
- Ponte em estrutura mista (madeira – concreto), com fluxo de veículos de pequeno, médio e grande porte. Suas peças estruturais de madeira (longarinas e tabuleiro), encontram-se com fissuras, as longarinas, atacadas por fungos animais xilófagos em sua maioria, os apoios apresentam fissuras e recalque. Sendo assim, necessário uma intervenção para reparos e instalação de sinalização nos dois sentidos da via, indicando suas características.

A4 - PONTE 18

FICHA DE INSPEÇÃO	
Identificação e Localização	Data: 21/10/2022
Ponte: P18 - Quadrante A	Localidade: Distrito de Araraí
Curso d'água: Araraí/S. João Norte	Ano da Construção:
Coordenadas Geográficas	
Latitude: S 20°37.525'	Longitude: W 041° 30.889'
Elevação: 337 m	
Administração	
(X) Município de Alegre-ES () Outros	
Histórico de Manutenção: () Boa () Regular (X) Ruim	
Última Inspeção: ____/____/____	
Manutenção: (X) SIM () NÃO	
Substituição: (X) SIM () NÃO	
Características da Ponte	
(X) Biapoiada (X) Ponte em Vigas	
(X) Estrutura de Madeira () Estrutura de Concreto	
() Ponte Reta Ortogonal (X) Ponte Esconsa () Ponte Curva	
Dimensões	
Extensão da Ponte: <u>10,30</u> m	
Vão Livre: <u>7,00</u> m	
Largura: <u>3,60</u> m	
Número de Faixas: 01	
Altura do Tabuleiro da Lâmina d'água: <u>4,30</u> m	
Altura do guarda-corpo: ____ m	
Altura do guarda-rodas: <u>0,07</u> m	
Pavimento: () Asfalto () Concreto (X) Madeira	
Patologias	
Superestrutura (Tabuleiro): (X) Madeira () Mista () Concreto	
Fendas: (X) SIM () NÃO	
Largura: <u>0,01-0,05</u> m	
Sentido: <u>longitudinal</u> Quantidade: <u>diversas</u>	
() Insetos () Fungos	
() Vegetação () Líquens	
(X) Impregnação por Lama nas Estruturas	
() Corrosão de Componentes Metálicos	
Desgaste por Abrasão: (X) SIM () NÃO	
Superestrutura (Longarinas): (X) Madeira () Concreto	
Fendas: (X) SIM () NÃO	
Largura: <u>0,002</u> m	
Sentido: <u>longitudinal</u> Quantidade: <u>diversas</u>	
() Insetos () Fungos	
() Vegetação () Líquens	
(X) Impregnação por Lama nas Estruturas	
() Corrosão de Componentes Metálicos	
Mosoestrutura (Apoios): () Conc. Ciclópico (X) Pedra Argamassada () Solo	
() Fissuras () Recalque () Degradação	
Inspeções Visuais	
Condições Estruturais de Estabilidade	
() Excelente () Boa (X) Aparentemente Boa () Sofrível () Precária	

Ocorrência de Acidente: () SIM (X) NÃO
Probabilidade de Acidente: (X) SIM () NÃO
Necessidade de Substituição de Elementos Estruturais
Longarina: () SIM (X) NÃO
Tabuleiro: (X) SIM () NÃO
OBSERVAÇÕES GERAIS
- Ponte em estrutura mista (madeira – concreto), com fluxo de veículos de pequeno, médio e grande porte. Algumas peças estruturais de madeira (tabuleiro), encontram-se rachadas e outras quebradas, necessitando de substituição, já as longarinas apresentam algumas fissuras e ataques por fungos. Sendo assim, necessário uma intervenção para reparos e instalação de sinalização nos dois sentidos da via, indicando suas características.

A5 - PONTE 19

FICHA DE INSPEÇÃO	
Identificação e Localização	Data: 21/10/2022
Ponte: P19 - Quadrante B	Localidade: Distrito de Araraí
Curso d'água: Araraí/S. João Norte	Ano da Construção:
Coordenadas Geográficas	
Latitude: S 20°36.400'	Longitude: W 041° 30.656'
Elevação: 302 m	
Administração	
(X) Município de Alegre-ES () Outros	
Histórico de Manutenção: () Boa (X) Regular () Ruim	
Última Inspeção: ____/____/____	
manutenção: (X) SIM () NÃO	
Substituição: (X) SIM () NÃO	
Características da Ponte	
(X) Biapoiada (X) Ponte em Vigas	
(X) Estrutura de Madeira () Estrutura de Concreto	
() Ponte Reta Ortogonal (X) Ponte Esconsa () Ponte Curva	
Dimensões	
Extensão da Ponte: <u>8,50</u> m	
Vão Livre: <u>6,20</u> m	
Largura: <u>3,50</u> m	
Número de Faixas: 01	
Altura do Tabuleiro da Lâmina d'água: <u>0,90</u> m	
Altura do guarda-corpo: ____ m	
Altura do guarda-rodas: <u>0,07</u> m	
Pavimento: () Asfalto () Concreto (X) Madeira	
Patologias	
Superestrutura (Tabuleiro): (X) Madeira () Mista () Concreto	
Fendas: (X) SIM () NÃO	
Largura: <u>0,003</u> m	
Sentido: <u>longitudinal</u> Quantidade: <u>diversas</u>	
() Insetos () Fungos	
(X) Vegetação () Líquens	
(X) Impregnação por Lama nas Estruturas	
() Corrosão de Componentes Metálicos	
Desgaste por Abrasão: (X) SIM () NÃO	
Superestrutura (Longarinas): (X) Madeira () Concreto	
Fendas: (X) SIM () NÃO	
Largura: <u>0,001</u> m	
Sentido: <u>longitudinal</u> Quantidade: <u>diversas</u>	
() Insetos (X) Fungos	
() Vegetação () Líquens	
(X) Impregnação por Lama nas Estruturas	
() Corrosão de Componentes Metálicos	
Mosoestrutura (Apoios): () Conc. Ciclópico () Pedra Argamassada (X) Solo	
(X) Fissuras () Recalque () Degradação	
Inspeções Visuais	
Condições Estruturais de Estabilidade	
() Excelente () Boa () Aparentemente Boa (X) Sofrível () Precária	

Ocorrência de Acidente: () SIM (X) NÃO
Probabilidade de Acidente: (X) SIM () NÃO
Necessidade de Substituição de Elementos Estruturais
Longarina: () SIM (X) NÃO
Tabuleiro: () SIM (X) NÃO
OBSERVAÇÕES GERAIS
- Ponte em estrutura mista (madeira – concreto), mas, apoiada diretamente no solo, com fluxo de veículos de pequeno, médio e grande porte. As peças estruturais de madeira (pranchas do tabuleiro), encontram-se com fissuras e outras quebradas, necessitando de substituição, já as longarinas apresentam algumas fissuras e ataques por fungos. Sendo assim, necessário uma intervenção para reparos e instalação de sinalização nos dois sentidos da via, indicando suas características.

A6 - PONTE 20

FICHA DE INSPEÇÃO	
Identificação e Localização	Data: 21/10/2022
Ponte: P20 - Quadrante B	Localidade: Distrito de Araraí
Curso d'água: Araraí/S. João Norte	Ano da Construção:
Coordenadas Geográficas	
Latitude: S 20°35.923'	Longitude: W 041° 30.110'
Elevação: 315 m	
Administração	
(X) Município de Alegre-ES () Outros	
Histórico de Manutenção: (X) Boa () Regular () Ruim	
Última Inspeção: ____/____/____	
manutenção: (X) SIM () NÃO	
Substituição: (X) SIM () NÃO	
Características da Ponte	
(X) Biapoiada (X) Ponte em Vigas	
(X) Estrutura de Madeira () Estrutura de Concreto	
() Ponte Reta Ortogonal (X) Ponte Esconsa () Ponte Curva	
Dimensões	
Extensão da Ponte: <u>9,00</u> m	
Vão Livre: <u>7,90</u> m	
Largura: <u>3,50</u> m	
Número de Faixas: 01	
Altura do Tabuleiro da Lâmina d'água: <u>0,90</u> m	
Altura do guarda-corpo: _____ m	
Altura do guarda-rodas: <u>0,07</u> m	
Pavimento: () Asfalto () Concreto (X) Madeira	
Patologias	
Superestrutura (Tabuleiro): (X) Madeira () Mista () Concreto	
Fendas: (X) SIM () NÃO	
Largura: <u>0,002</u> m	
Sentido: <u>longitudinal</u> Quantidade: <u>diversas</u>	
() Insetos () Fungos	
() Vegetação () Líquens	
(X) Impregnação por Lama nas Estruturas	
() Corrosão de Componentes Metálicos	
Desgaste por Abrasão: (X) SIM () NÃO	
Superestrutura (Longarinas): (X) Madeira () Concreto	
Fendas: () SIM () NÃO	
Largura: _____ m	
Sentido: _____ Quantidade: _____	
() Insetos () Fungos	
() Vegetação () Líquens	
(X) Impregnação por Lama nas Estruturas	
() Corrosão de Componentes Metálicos	
Mosoestrutura (Apoios): () Conc. Ciclópico () Pedra Argamassada (X) Solo	
() Fissuras () Recalque () Degradação	
Inspeções Visuais	
Condições Estruturais de Estabilidade	
() Excelente (X) Boa () Aparentemente Boa () Sofrível () Precária	

Ocorrência de Acidente: () SIM (X) NÃO Probabilidade de Acidente: (X) SIM () NÃO Necessidade de Substituição de Elementos Estruturais Longarina: () SIM (X) NÃO Tabuleiro: () SIM (X) NÃO
OBSERVAÇÕES GERAIS
- Ponte em estrutura mista (madeira – concreto), com fluxo de veículos de pequeno, médio e grande porte. Algumas peças estruturais de madeira (tabuleiro), encontram-se rachadas, necessitando de substituição. Sendo assim, necessário uma intervenção para reparos e instalação de sinalização nos dois sentidos da via, indicando suas características.

A7 - PONTE 24

FICHA DE INSPEÇÃO	
Identificação e Localização	Data: 17/11/2022
Ponte: P24 - Quadrante B	Localidade: Varjão do Norte
Curso d'água: Varjão N./São J. Norte	Ano da Construção:
Coordenadas Geográficas	
Latitude: S 20°38.263'	Longitude: W 041° 30.832'
Elevação: 263 m	
Administração	
(X) Município de Alegre-ES () Outros	
Histórico de Manutenção: (X) Boa () Regular () Ruim	
Última Inspeção: ____/____/____	
manutenção: (X) SIM () NÃO	
Substituição: (X) SIM () NÃO	
Características da Ponte	
(X) Biapoiada (X) Ponte em Vigas	
(X) Estrutura de Madeira () Estrutura de Concreto	
() Ponte Reta Ortogonal (X) Ponte Esconsa () Ponte Curva	
Dimensões	
Extensão da Ponte: <u>7,30</u> m	
Vão Livre: <u>5,80</u> m	
Largura: <u>3,50</u> m	
Número de Faixas: 01	
Altura do Tabuleiro da Lâmina d'água: <u>1,70</u> m	
Altura do guarda-corpo: ____ m	
Altura do guarda-rodas: ____ m	
Pavimento: () Asfalto () Concreto (X) Madeira	
Patologias	
Superestrutura (Tabuleiro): (X) Madeira () Mista () Concreto	
Fendas: (X) SIM () NÃO	
Largura: <u>0,03</u> m	
Sentido: <u>longitudinal</u> Quantidade: <u>diversas</u>	
() Insetos () Fungos	
(X) Vegetação () Líquens	
() Impregnação por Lama nas Estruturas	
() Corrosão de Componentes Metálicos	
Desgaste por Abrasão: () SIM () NÃO	
Superestrutura (Longarinas): (X) Madeira () Concreto	
Fendas: (X) SIM () NÃO	
Largura: <u>0,02</u> m	
Sentido: <u>longitudinal</u> Quantidade: <u>diversas</u>	
(X) Insetos (X) Fungos	
(X) Vegetação () Líquens	
() Impregnação por Lama nas Estruturas	
() Corrosão de Componentes Metálicos	
Mosoestrutura (Apoios): () Conc. Ciclópico (X) Pedra Argamassada () Solo	
(X) Fissuras (X) Recalque (X) Degradação	
Inspeções Visuais	
Condições Estruturais de Estabilidade	

☐ Excelente ☐ Boa ☐ Aparentemente Boa ☒ Sofrível ☐ Precária Ocorrência de Acidente: ☐ SIM ☒ NÃO Probabilidade de Acidente: ☒ SIM ☐ NÃO Necessidade de Substituição de Elementos Estruturais Longarina: ☒ SIM ☐ NÃO Tabuleiro: ☒ SIM ☐ NÃO
OBSERVAÇÕES GERAIS
- Ponte em estrutura mista (madeira – concreto), com fluxo de veículos de pequeno, médio e grande porte. Algumas peças estruturais de madeira (tabuleiro e longarina), encontram-se fissuras e outras quebradas, necessitando de substituição, já as longarinas apresentam algumas fissuras, ataques por fungos e animais xilófagos. Já os apoios, estão em estágio avançado de degradação. Sendo assim, necessário uma intervenção para reparos e instalação de sinalização nos dois sentidos da via, indicando suas características.

A8 - PONTE 44

FICHA DE INSPEÇÃO	
Identificação e Localização	Data: 18/11/2022
Ponte: P44 - Quadrante C	Localidade: Alegre
Curso d'água: Abundância/Alegre	Ano da Construção:
Coordenadas Geográficas	
Latitude: S 20°44.089'	Longitude: W 041° 32.718'
Elevação: 307 m	
Administração	
(X) Município de Alegre-ES () Outros	
Histórico de Manutenção: (X) Boa () Regular () Ruim	
Última Inspeção: ____/____/____	
manutenção: (X) SIM () NÃO	
Substituição: (X) SIM () NÃO	
Características da Ponte	
(X) Biapoiada (X) Ponte em Vigas	
(X) Estrutura de Madeira () Estrutura de Concreto	
() Ponte Reta Ortogonal (X) Ponte Esconsa () Ponte Curva	
Dimensões	
Extensão da Ponte: <u>5,80</u> m	
Vão Livre: <u>3,50</u> m	
Largura: <u>3,60</u> m	
Número de Faixas: 01	
Altura do Tabuleiro da Lâmina d'água: <u>0,60</u> m	
Altura do guarda-corpo: ____ m	
Altura do guarda-rodas: <u>0,07</u> m	
Pavimento: () Asfalto () Concreto (X) Madeira	
Patologias	
Superestrutura (Tabuleiro): (X) Madeira () Mista () Concreto	
Fendas: () SIM () NÃO	
Largura: ____ m	
Sentido: _____ Quantidade: _____	
() Insetos () Fungos	
(X) Vegetação () Líquens	
(X) Impregnação por Lama nas Estruturas	
() Corrosão de Componentes Metálicos	
Desgaste por Abrasão: (X) SIM () NÃO	
Superestrutura (Longarinas): (X) Madeira () Concreto	
Fendas: () SIM (X) NÃO	
Largura: ____ m	
Sentido: _____ Quantidade: _____	
() Insetos (X) Fungos	
() Vegetação () Líquens	
(X) Impregnação por Lama nas Estruturas	
() Corrosão de Componentes Metálicos	
Mosoestrutura (Apoios): () Conc. Ciclópico (X) Pedra Argamassada () Solo	
() Fissuras () Recalque () Degradação	
Inspeções Visuais	
Condições Estruturais de Estabilidade	

☐ Excelente ☐ Boa ☒ Aparentemente Boa ☐ Sofrível ☐ Precária Ocorrência de Acidente: ☐ SIM ☒ NÃO Probabilidade de Acidente: ☒ SIM ☐ NÃO Necessidade de Substituição de Elementos Estruturais Longarina: ☐ SIM ☒ NÃO Tabuleiro: ☐ SIM ☒ NÃO
OBSERVAÇÕES GERAIS
- Ponte em estrutura madeira com um os apoios em pedra argamassada, com fluxo de veículos de pequeno, médio e grande porte. Necessidade de manutenção preventiva e instalação de sinalização nos dois sentidos da via, indicando suas características.

A9 - PONTE 01

FICHA DE INSPEÇÃO	
Identificação e Localização	Data: 14/10/2022
Ponte: P01 - Quadrante D	Localidade: Comunidade Ney
Curso d'água: Roseira/Feliz Lembrança	Ano da Construção:
Coordenadas Geográficas	
Latitude: S 20° 49. 320`	Longitude: W 041° 30. 620`
Elevação: 589 m	
Administração	
(X) Município de Alegre-ES () Outros	
Histórico de Manutenção: () Boa (X) Regular () Ruim	
Última Inspeção: ____/____/____	
manutenção: (X) SIM () NÃO	
Substituição: () SIM (X) NÃO	
Características da Ponte	
(X) Biapoiada (X) Ponte em Vigas	
(X) Estrutura de Madeira () Estrutura de Concreto	
() Ponte Reta Ortogonal (X) Ponte Esconsa () Ponte Curva	
Dimensões	
Extensão da Ponte: <u>9,00</u> m	
Vão Livre: <u>3,20</u> m	
Largura: <u>3,70</u> m	
Número de Faixas: <u>01</u>	
Altura do Tabuleiro da Lâmina d'água: <u>2,25</u> m	
Altura do guarda-corpo: _____ m	
Altura do guarda-rodas: <u>0,06</u> m	
Pavimento: () Asfalto () Concreto (X) Madeira	
Patologias	
Superestrutura (Tabuleiro): (X) Madeira () Mista () Concreto	
Fendas: (X) SIM () NÃO	
Largura: <u>0,005</u> m	
Sentido: <u>longitudinal</u> Quantidade: <u>diversas</u>	
() Insetos () Fungos	
(X) Vegetação () Líquens	
(X) Impregnação por Lama nas Estruturas	
() Corrosão de Componentes Metálicos	
Desgaste por Abrasão: (X) SIM () NÃO	
Superestrutura (Longarinas): (X) Madeira () Concreto	
Fendas: () SIM (X) NÃO	
Largura: _____ m	
Sentido: _____ Quantidade: _____	
() Insetos (X) Fungos	
(X) Vegetação () Líquens	
(X) Impregnação por Lama nas Estruturas	
() Corrosão de Componentes Metálicos	
Mosoestrutura (Apoios): () Conc. Ciclópico () Pedra Argamassada (X) Solo	
() Fissuras (X) Recalque () Degradação	
Inspeções Visuais	
Condições Estruturais de Estabilidade	

() Excelente () Boa () Aparentemente Boa (X) Sofrivél () Precária Ocorrência de Acidente: () SIM (X) NÃO Probabilidade de Acidente: (X) SIM () NÃO Necessidade de Substituição de Elementos Estruturais Longarina: () SIM (X) NÃO Tabuleiro: (X) SIM () NÃO
OBSERVAÇÕES GERAIS
- Ponte estreita, com suas longarinas apoiadas diretamente no solo, bem como, com fluxo de veículos de pequeno, médio e grande porte. Necessitando de manutenção corretiva das pranchas do tabuleiro, aumento da altura do guarda rodas e instalação de sinalização na via nos dois sentidos, indicando suas dimensões.

A10 - PONTE 02

FICHA DE INSPEÇÃO	
Identificação e Localização	Data: 14/10/2022
Ponte: P02 - Quadrante D	Localidade: Assentamento Paraíso
Curso d'água: Lagoa Seca/Alegre	Ano da Construção:
Coordenadas Geográficas	
Latitude: S 20° 50.238`	Longitude: W 041° 29.517`
Elevação: 546 m	
Administração	
(X) Município de Alegre-ES () Outros	
Histórico de Manutenção: (X) Boa () Regular () Ruim	
Última Inspeção: ____/____/____	
manutenção: (X) SIM () NÃO	
Substituição: (X) SIM () NÃO	
Características da Ponte	
(X) Biapoiada (X) Ponte em Vigas	
(X) Estrutura de Madeira () Estrutura de Concreto	
() Ponte Reta Ortogonal (X) Ponte Esconsa () Ponte Curva	
Dimensões	
Extensão da Ponte: <u>7,00</u> m	
Vão Livre: <u>3,60</u> m	
Largura: <u>3,40</u> m	
Número de Faixas: 01	
Altura do Tabuleiro da Lâmina d'água: <u>2,80</u> m	
Altura do guarda-corpo: ____ m	
Altura do guarda-rodas: <u>0,07</u> m	
Pavimento: () Asfalto () Concreto (X) Madeira	
Patologias	
Superestrutura (Tabuleiro): () Madeira () Mista () Concreto	
Fendas: (X) SIM () NÃO	
Largura: <u>0,005</u> m	
Sentido: longitudinal Quantidade: diversas	
(X) Insetos (X) Fungos	
(X) Vegetação () Líquens	
(X) Impregnação por Lama nas Estruturas	
() Corrosão de Componentes Metálicos	
Desgaste por Abrasão: (X) SIM () NÃO	
Superestrutura (Longarinas): (X) Madeira () Concreto	
Fendas: (X) SIM () NÃO	
Largura: <u>0,005</u> m	
Sentido: longitudinal Quantidade: _____	
(X) Insetos () Fungos	
(X) Vegetação () Líquens	
(X) Impregnação por Lama nas Estruturas	
() Corrosão de Componentes Metálicos	
Mosoestrutura (Apoios): () Conc. Ciclópico () Pedra Argamassada (X) Solo	
() Fissuras () Recalque (X) Degradação	
Inspeções Visuais	
Condições Estruturais de Estabilidade	
() Excelente () Boa () Aparentemente Boa (X) Sofrivél () Precária	

Ocorrência de Acidente: () SIM (X) NÃO
Probabilidade de Acidente: (X) SIM () NÃO
Necessidade de Substituição de Elementos Estruturais
Longarina: (X) SIM () NÃO
Tabuleiro: (X) SIM () NÃO
OBSERVAÇÕES GERAIS
- Ponte estreita, com suas longarinas apoiadas diretamente no solo, com ataques de fungos e indícios de animais xilófagos. Tem fluxo de veículos de pequeno, médio e grande porte. Necessitando de manutenção corretiva das longarinas, aumento da altura do guarda rodas e instalação de sinalização na via nos dois sentidos, indicando suas dimensões.

APÊNDICE B – IMAGENS FOTOGRÁFICAS DAS PONTES POR QUADRANTE

B1 PONTE “18” - Quadrante A

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 21 de outubro de 2022

Localização: Ponte 18 – Distrito de Araraí, Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20°37.525'; W 041°30.889', Altitude 337 m

Sistema estrutural: biapoiada constituída com vigas de madeira roliça, apoiada em apoios de concreto ciclópico

Geometria: esconsa

Comprimento: 10,30 m

Vão livre: 7 m

Largura: 3,60 m

Madeira: Eucalipto



Elementos inspecionados:

- 4 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 45 cm);
- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;
- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada diretamente no solo, apresentando fissuras e impregnação por lama nos pranchões; As longarinas atacadas por agentes bióticos, impregnação por lama e fissuras.



B2 PONTE “22” - Quadrante A

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 17 de novembro de 2022

Localização: Ponte 22 - Distrito de Araraí, Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20°42.201'; W 041° 31.294', Altitude 176 m

Sistema estrutural: biapoiada, vigas de madeira roliça, apoiada diretamente no solo

Geometria: esconsa

Comprimento: 9 m

Vão livre: 4 m

Largura: 3,50 m

Madeira: Eucalipto



Elementos inspecionados:

- 4 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 45 cm);
- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;
- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada diretamente no solo, com seus pranchões apresentando fissuras e impregnação por lama; As longarinas aparentemente atacadas por agentes bióticos, com fissuras, crescimento de vegetação e impregnação por lama.



B3 PONTE “25” - Quadrante A

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 17 de novembro de 2022

Localização: Ponte 25 - Distrito de Araraí, Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20°36.772'; W 041° 31.565'; Altitude 379 m

Sistema estrutural: biapoiada, vigas de madeira roliça, apoiada diretamente no solo

Geometria: reta ortogonal

Comprimento: 4 m

Vão livre: 2,50 m

Largura: 3,50 m

Madeira: Eucalipto



Elementos inspecionados:

- 4 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 45 cm);
- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;
- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada diretamente no solo, pranchões apresentando fissuras e impregnação por lama; As longarinas aparentemente atacadas por agentes bióticos.



B4 PONTE “26” - Quadrante A

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 17 de novembro de 2022

Localização: Ponte 26 - Comunidade Varjão do Norte, Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20°36.930'; W 041° 31.883'; Altitude 345 m

Sistema estrutural: biapoiada, vigas de madeira roliça, apoiada diretamente no solo

Geometria: esconsa

Comprimento: 8,50 m

Vão livre: 4,50 m

Largura: 3,50 m

Madeira: Eucalipto



Elementos inspecionados:

- 4 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 40 cm);
- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;
- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada diretamente no solo, apresentando recalque em sua estrutura, com fissuras nos pranchões e impregnação por lama; As longarinas aparentemente atacadas por agentes bióticos, com impregnação por lama, fissuras e vegetações.



B5 PONTE “27” - Quadrante A

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 17 de novembro de 2022

Localização: Ponte 27 - Comunidade Varjão do Norte, Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20°38.603'; W 041° 31.814', Altitude 352 m

Sistema estrutural: biapoiada, vigas de madeira roliça, apoiada diretamente no solo

Geometria: reta ortogonal

Comprimento: 3,80 m

Vão livre: 2,80 m

Largura: 3,50 m

Madeira: Eucalipto



Elementos inspecionados:

- 4 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 40 cm);
- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;
- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada diretamente no solo, apresentando recalque em sua estrutura, com fissuras nos pranchões e impregnação por lama; As longarinas aparentemente atacadas por agentes bióticos, com impregnação por lama, fissuras e vegetações.



B6 PONTE “28” - Quadrante A

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 17 de novembro de 2022

Localização: Ponte 28 - Comunidade Varjão do Norte, Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20°38.466'; W 041° 31.670', Altitude 352 m

Sistema estrutural: biapoiada, vigas de madeira roliça, apoiada em apoios de concreto ciclópico

Geometria: esconsa

Comprimento: 3,60 m

Vão livre: 2,80 m

Largura: 3,50 m

Madeira: Eucalipto



Elementos inspecionados:

- 4 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 40 cm);
- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;
- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira com apoios de concreto ciclópico, apoiada nos apoios e no solo, apresentando recalque em sua estrutura, com fissuras nos pranchões e impregnação por lama; As longarinas aparentemente atacadas por agentes bióticos, com impregnação por lama, fissuras e vegetações.



B7 PONTE “29” - Quadrante A

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 17 de novembro de 2022

Localização: Ponte 29 - Comunidade Varjão do Norte, Aegre - ES

Coordenadas GPS: S 20°37.963'; W 041° 31.774', Altitude 366 m

Sistema estrutural: biapoiada, vigas de madeira roliça, apoiada diretamente no solo

Geometria: esconsa

Comprimento: 6,80 m

Vão livre: 4,80 m

Largura: 3,50 m

Madeira: Eucalipto



Elementos inspecionados:

- 4 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 40 cm);
- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;
- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada diretamente no solo, pranchões apresentando fissuras e impregnação por lama; As longarinas aparentemente atacadas por agentes bióticos, com impregnação por lama e fissuras.



B8 PONTE “30” - Quadrante A

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 17 de novembro de 2022

Localização: Ponte 30 - Distrito de Araraí, Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20°35.445'; W 041° 33.332', Altitude 405 m

Sistema estrutural: biapoiada, vigas de madeira roliça, apoiada diretamente no solo

Geometria: esconsa

Comprimento: 11,45 m

Vão livre: 10,30 m

Largura: 3,50 m

Madeira: Eucalipto



Elementos inspecionados:

- 4 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 40 cm);
- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;
- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada diretamente no solo, apresentando recalque em sua estrutura, com fissuras nos pranchões e impregnação por lama; As longarinas aparentemente atacadas por agentes bióticos, com fissuras e impregnação por lama.



B9 PONTE “31” - Quadrante A

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 17 de novembro de 2022

Localização: Ponte 31 – Comunidade de Boa Vista, Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20°35.974'; W 041° 35.221', Altitude 448 m

Sistema estrutural: biapoiada, vigas de madeira roliça, apoiada diretamente no solo

Geometria: esconsa

Comprimento: 6,40 m

Vão livre: 3,70 m

Largura: 3,50 m

Madeira: Eucalipto



Elementos inspecionados:

- 4 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 40 cm);
- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;
- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada diretamente no solo, apresentando recalque em sua estrutura, com fissuras nos pranchões, impregnação por lama e acúmulo vegetação; As longarinas aparentemente atacadas por agentes bióticos, com fissuras e impregnação por lama.



B10 PONTE “33” - Quadrante A

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 17 de novembro de 2022

Localização: Ponte 33 – Comunidade de Boa Vista, Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20°36.257'; W 041° 36.785', Altitude 721 m

Sistema estrutural: biapoiada, vigas de madeira roliça, apoiada diretamente no solo

Geometria: reta ortogonal

Comprimento: 2,40 m

Vão livre: 1,60 m

Largura: 3,40 m

Madeira: Eucalipto



Elementos inspecionados:

- 4 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 40 cm);
- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;
- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada diretamente no solo, apresentando recalque em sua estrutura, com fissuras nos pranchões e impregnação por lama; As longarinas aparentemente atacadas por agentes bióticos.



B11 PONTE “34” - Quadrante A

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 17 de novembro de 2022

Localização: Ponte 34 – Comunidade de Boa Vista, Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20°36.640'; W 041° 36.751', Altitude 723 m

Sistema estrutural: biapoiada, vigas de madeira roliça, apoiada diretamente no solo

Geometria: reta ortogonal

Comprimento: 3,40 m

Vão livre: 2 m

Largura: 3,60 m

Madeira: Eucalipto



Elementos inspecionados:

- 4 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 40 cm);
- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;
- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada diretamente no solo, apresentando recalque em sua estrutura, com fissuras nos pranchões, impregnação por lama; As longarinas aparentemente atacadas por agentes bióticos.



B12 PONTE “35” - Quadrante A

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 17 de novembro de 2022

Localização: Ponte 35 – Distrito de Celina, Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20°37.308'; W 041° 36.738', Altitude 665 m

Sistema estrutural: biapoiada constituída com três vãos, vigas de madeira roliça, apoiada nos apoios centrais em concreto ciclópico e nos apoios externos, parte nos apoios e parte diretamente no solo

Geometria: esconsa

Comprimento: 35,50 m

Vão livre: 1= 8 m; 2= 13,50 m; 3= 10,30 m

Largura: 3,60 m

Madeira: Eucalipto



Elementos inspecionados:

- 4 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 45 cm);
- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;
- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada em apoios de concreto ciclópico e solo, apresentando recalque em sua estrutura, com fissuras nos pranchões, impregnação por lama; As longarinas aparentemente atacadas por agentes bióticos, com peças em colapso.



B13 PONTE “47” - Quadrante A

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 18 de novembro de 2022

Localização: Ponte 47 – Comunidade Varjão da Aurora, Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20°41.555'; W 041° 32.892', Altitude 361 m

Sistema estrutural: biapoiada constituída com vigas de madeira roliça, apoiada diretamente no solo

Geometria: esconsa

Comprimento: 7,40 m

Vão livre: 5 m

Largura: 3,60 m

Madeira: Eucalipto



Elementos inspecionados:

- 4 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 40 cm);
- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;
- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada diretamente no solo, apresentando recalque em sua estrutura, com fissuras nos pranchões e impregnação por lama; As longarinas aparentemente atacadas por agentes bióticos em estado avançado de deterioração.



B14 PONTE “48” - Quadrante A

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 18 de novembro de 2022

Localização: Ponte 48 – Comunidade Varjão da Aurora, Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20°41.022'; W 041° 33.193', Altitude 358 m

Sistema estrutural: biapoiada constituída com vigas de madeira roliça, apoiada em apoios de concreto ciclópico

Geometria: esconsa

Comprimento: 5,50 m

Vão livre: 5 m

Largura: 3,60 m

Madeira: Eucalipto



Elementos inspecionados:

- 4 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 43 cm);
- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;
- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada em apoios de concreto ciclópico, apresentando recalque em sua estrutura, com fissuras nos pranchões e impregnação por lama; As longarinas aparentemente atacadas por agentes bióticos em estado avançado de deterioração.



B15 PONTE “49” - Quadrante A

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 18 de novembro de 2022

Localização: Ponte 49 – Comunidade Varjão da Aurora, Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20°49.969'; W 041° 32.834', Altitude 350 m

Sistema estrutural: biapoiada constituída com quatro vãos, vigas de madeira roliça apoiada nos apoios centrais em concreto ciclópico, nos apoios externos apoiada parte nos apoios e parte diretamente no solo

Geometria: esconsa

Comprimento: 21 m

Vão livre: 1= 4,50 m; 2 e 3= 4 m; 4= 3,80 m

Largura: 3,50 m

Madeira: Eucalipto



Elementos inspecionados:

- 8 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 43 cm);
- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;
- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada em apoios de concreto ciclópico, apresentando recalque em sua estrutura, com fissuras nos pranchões e impregnação por lama; As longarinas aparentemente atacadas por agentes bióticos e com fissuras.



B16 PONTE “51” - Quadrante A

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 18 de novembro de 2022

Localização: Ponte 51 – Comunidade Assentamento Floresta, Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20°41.832'; W 041° 34.448', Altitude 415 m

Sistema estrutural: biapoiada constituída com quatro vãos, vigas de madeira roliça apoiada nos apoios centrais em concreto ciclópico, nos apoios externos apoiada parte nos apoios e parte diretamente no solo

Geometria: esconsa

Comprimento: 5,30 m

Vão livre: 3 m

Largura: 3,50 m

Madeira: Eucalipto



Elementos inspecionados:

- 4 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 40 cm);
- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;
- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada diretamente no solo, apresentando recalque em sua estrutura, com fissuras nos pranchões e impregnação por lama; As longarinas aparentemente atacadas por agentes bióticos e com fissuras.



B17 PONTE “52” - Quadrante A

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 18 de novembro de 2022

Localização: Ponte 52 – Comunidade Assentamento Floresta, Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20°41.628'; W 041° 34.665', Altitude 437 m

Sistema estrutural: biapoiada constituída com vigas de madeira roliça, apoiada diretamente no solo

Geometria: reta ortogonal

Comprimento: 4,20 m

Vão livre: 3 m

Largura: 3,60 m

Madeira: Eucalipto



Elementos inspecionados:

- 4 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 40 cm);
- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;
- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada diretamente no solo, apresentando fissuras nos pranchões e impregnação por lama;



B18 PONTE “55” - Quadrante A

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 18 de novembro de 2022

Localização: Ponte 55 – Comunidade Sobreira, Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20°39.637'; W 041° 34.313', Altitude 376 m

Sistema estrutural: biapoiada constituída com vigas de madeira roliça, apoiada diretamente no solo

Geometria: esconsa

Comprimento: 7 m

Vão livre: 4,30 m

Largura: 3,50 m

Madeira: Eucalipto



Elementos inspecionados:

- 4 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 40 cm);
- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;
- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada diretamente no solo, apresentando recalque em sua estrutura, com fissuras nos pranchões e impregnação por lama; As longarinas aparentemente atacada por agentes bióticos, com impregnação por lama, fissuras e vegetações.



B19 PONTE “12” - Quadrante B

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 19 de outubro de 2022

Localização: Ponte 12 – Comunidade Laranjeira, Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20°40.265'; W 041°28.573', Altitude 290 m

Sistema estrutural: biapoiada constituída com vigas de madeira roliça, apoiada em apoios de pedra argamassada

Geometria: esconsa

Comprimento: 9 m

Vão livre: 7,30 m

Largura: 3,60 m

Madeira: Eucalipto



Elementos inspecionados:

- 4 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 40 cm);
- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;
- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada em apoios de pedra argamassada, apresentando recalque em sua estrutura, com fissuras, ataque por agentes bióticos e impregnação por lama nos pranchões; As longarinas atacadas por agentes bióticos, impregnação por lama e fissuras.



B20 PONTE “13” - Quadrante B

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 19 de outubro de 2022

Localização: Ponte 13 – Comunidade Laranjeira, Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20°40.309'; W 041°27.933', Altitude 451 m

Sistema estrutural: biapoiada constituída com vigas de madeira roliça, apoiada em apoios de pedra argamassada

Geometria: esconsa

Comprimento: 5,70 m

Vão livre: 3 m

Largura: 4 m

Madeira: Eucalipto



Elementos inspecionados:

- 4 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 40 cm);
- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;
- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada em apoios de pedra argamassada, apresentando recalque em sua estrutura, com fissuras, ataque por agentes bióticos e impregnação por lama nos pranchões; As longarinas atacadas por agentes bióticos, impregnação por lama e fissuras.



B21 PONTE “14” - Quadrante B

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 19 de outubro de 2022

Localização: Ponte 14 – Comunidade Laranjeira, Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20°39.589'; W 041°28.149', Altitude 309 m

Sistema estrutural: biapoiada constituída com vigas de madeira roliça, apoiada em apoios de pedra argamassada

Geometria: esconsa

Comprimento: 9 m

Vão livre: 7 m

Largura: 3,50 m

Madeira: Eucalipto



Elementos inspecionados:

- 4 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 40 cm);
- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;
- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada em apoios de pedra argamassada, apresentando recalque em sua estrutura, com fissuras, ataque por agentes bióticos e impregnação por lama nos pranchões; As longarinas atacadas por agentes bióticos, impregnação por lama e fissuras.



B22 PONTE “15” - Quadrante B

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 19 de outubro de 2022

Localização: Ponte 15 – Comunidade Carneira, Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20°38.257'; W 041°25.366', Altitude 531 m

Sistema estrutural: biapoiada constituída com vigas de madeira roliça, apoiada em apoios de pedra argamassada

Geometria: esconsa

Comprimento: 6 m

Vão livre: 5 m

Largura: 3,50 m

Madeira: Eucalipto



Elementos inspecionados:

- 4 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 40 cm);
- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;
- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada em apoios de pedra argamassada, apresentando recalque em sua estrutura, com fissuras, ataque por agentes bióticos e impregnação por lama nos pranchões; As longarinas atacadas por agentes bióticos, impregnação por lama e fissuras.



B23 PONTE “16” - Quadrante B

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 19 de outubro de 2022

Localização: Ponte 16 – Fazenda Flor da Mata, Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20°36.188'; W 041°23.804', Altitude 671 m

Sistema estrutural: biapoiada constituída com vigas de madeira roliça e serrada, apoiada em apoios de concreto ciclópico

Geometria: esconsa

Comprimento: 8,70 m

Vão livre: 7 m

Largura: 3,50 m



Elementos inspecionados:

- 3 longarinas, sendo 2 de madeira serrada e 1 roliça (diâmetro médio de 40 cm);

- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;

- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada em apoios de concreto ciclópico, apresentando recalque em sua estrutura, com fissuras, ataque por agentes bióticos e impregnação por lama nos pranchões; As longarinas atacadas por agentes bióticos, impregnação por lama e fissuras.



B24 PONTE “17” - Quadrante B

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 21 de outubro de 2022

Localização: Ponte 17 – Distrito de Anutiba, Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20°36.784'; W 041°25.332', Altitude 277 m

Sistema estrutural: biapoiada constituída com vigas de madeira roliça, apoiada em apoios de concreto ciclópico

Geometria: esconsa

Comprimento: 9 m

Vão livre: 7,80 m

Largura: 3,50 m

Madeira: Eucalipto



Elementos inspecionados:

- 4 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 43 cm);

- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;

- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada em apoios de concreto ciclópico, apresentando recalque em sua estrutura, com fissuras, ataque por agentes bióticos e impregnação por lama nos pranchões; As longarinas atacadas por agentes bióticos, impregnação por lama e fissuras.



B25 PONTE “19” - Quadrante B

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 21 de outubro de 2022

Localização: Ponte 19 – Distrito de Araraí, Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20°36.400'; W 041°30.656'; Altitude 302 m

Sistema estrutural: biapoiada constituída com vigas de madeira roliça, apoiada diretamente no solo

Geometria: esconsa

Comprimento: 8,50 m

Vão livre: 6,20 m

Largura: 3,50 m

Madeira: Eucalipto



Elementos inspecionados:

- 4 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 43 cm);
- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;
- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada diretamente no solo, apresentando fissuras e impregnação por lama nos pranchões; As longarinas atacadas por agentes bióticos, impregnação por lama e fissuras.



B26 PONTE “20” - Quadrante B

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 21 de outubro de 2022

Localização: Ponte 20 – Distrito de Araraí, Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20° 35.923'; W 041°30.110', Altitude 315 m

Sistema estrutural: biapoiada constituída com vigas de madeira roliça, apoiada diretamente no solo

Geometria: esconsa

Comprimento: 9 m

Vão livre: 7,90 m

Largura: 3,50 m

Madeira: Eucalipto



Elementos inspecionados:

- 4 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 40 cm);
- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;
- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada diretamente no solo, apresentando fissuras e impregnação por lama nos pranchões.



B27 PONTE “21” - Quadrante B

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 21 de outubro de 2022

Localização: Ponte 21 – Distrito de Araraí, Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20° 30.392'; W 041°30.677', Altitude 303 m

Sistema estrutural: biapoiada constituída com vigas de madeira roliça, apoiada diretamente no solo

Geometria: esconsa

Comprimento: 7 m

Vão livre: 4,60 m

Largura: 3,50 m

Madeira: Eucalipto



Elementos inspecionados:

- 4 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 40 cm);
- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;
- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada diretamente no solo, apresentando fissuras e impregnação por lama nos pranchões; As longarinas apresentando fissuras e impregnação por lama.



B28 PONTE “24” - Quadrante B

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 17 de novembro de 2022

Localização: Ponte 24 – Comunidade São João do Norte, Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20°38.263'; W 041°30.832', Altitude 263 m

Sistema estrutural: biapoiada constituída com vigas de madeira roliça, apoiada em apoios de pedra argamassada

Geometria: esconsa

Comprimento: 7,30 m

Vão livre: 5,80 m

Largura: 3,50 m

Madeira: Eucalipto



Elementos inspecionados:

- 4 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 40 cm);
- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;
- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada em apoios de pedra argamassada, apresentando recalque em sua estrutura, fissuras e impregnação por lama nos pranchões; As longarinas atacadas por agentes bióticos, impregnação por lama e fissuras.



B29 PONTE “44” - Quadrante C

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 18 de novembro de 2022

Localização: Ponte 44 – Município de Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20°44.089'; W 041°32.718', Altitude 307 m

Sistema estrutural: biapoiada constituída com vigas de madeira roliça, apoiada diretamente no solo

Geometria: esconsa

Comprimento: 5,80 m

Vão livre: 3,50 m

Largura: 3,60 m



Elementos inspecionados:

- 4 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 40 cm);
- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;
- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada diretamente no solo, apresentando recalque em sua estrutura, fissuras e impregnação por lama nos pranchões; As longarinas atacadas por agentes bióticos, impregnação por lama e fissuras.



B30 PONTE “01” - Quadrante D

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 14 de outubro de 2022

Localização: Ponte 01 – Comunidade Ney, Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20°40.320'; W 041°30.620', Altitude 589 m

Sistema estrutural: biapoiada constituída com vigas de madeira roliça, apoiada diretamente no solo

Geometria: esconsa

Comprimento: 9 m

Vão livre: 3,20 m

Largura: 3,70 m

Madeira: Eucalipto



Elementos inspecionados:

- 4 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 44 cm);
- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;
- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada diretamente no solo, apresentando recalque em sua estrutura, fissuras e impregnação por lama nos pranchões; As longarinas atacadas por agentes bióticos, impregnação por lama e fissuras.



B31 PONTE “02” – Quadrante D

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 14 de outubro de 2022

Localização: Ponte 02 – Comunidade Assentamento Paraíso, Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20°50.238'; W 041°29.517', Altitude 546 m

Sistema estrutural: biapoiada constituída com vigas de madeira roliça, apoiada diretamente no solo

Geometria: esconsa

Comprimento: 7 m

Vão livre: 3,60 m

Largura: 3,40 m

Madeira: Eucalipto



Elementos inspecionados:

- 4 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 40 cm);
- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;
- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada diretamente no solo, apresentando fissuras, impregnação por lama e agentes bióticos nos pranchões; As longarinas atacadas por agentes bióticos, impregnação por lama e fissuras.



B32 PONTE “03” – Quadrante D

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 14 de outubro de 2022

Localização: Ponte 03 – Comunidade Assentamento Paraíso, Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20°51.025'; W 041°29.763', Altitude 548 m

Sistema estrutural: biapoiada constituída com vigas de madeira roliça, apoiada diretamente no solo

Geometria: esconsa

Comprimento: 6 m

Vão livre: 3,10 m

Largura: 3,40 m

Madeira: Eucalipto



Elementos inspecionados:

- 4 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 40 cm);
- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;
- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada diretamente no solo, apresentando recalque em sua estrutura, fissuras e impregnação por lama nos pranchões; As longarinas atacadas por agentes bióticos, impregnação por lama e fissuras.



B33 PONTE “04” – Quadrante D

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 14 de outubro de 2022

Localização: Ponte 04 – Comunidade Assentamento Paraíso, Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20°51.240'; W 041°29.683', Altitude 549 m

Sistema estrutural: biapoiada constituída com vigas de madeira roliça, apoiada diretamente no solo

Geometria: esconsa

Comprimento: 9 m

Vão livre: 6,10 m

Largura: 3,40 m

Madeira: Eucalipto



Elementos inspecionados:

- 4 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 40 cm);
- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;
- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada diretamente no solo, apresentando recalque em sua estrutura, fissuras e impregnação por lama nos pranchões; As longarinas atacadas por agentes bióticos, impregnação por lama e fissuras.



B34 PONTE “05” – Quadrante D

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 14 de outubro de 2022

Localização: Ponte 05 – Comunidade Córrego São Geraldo, Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20°51.824'; W 041°29.820', Altitude 560 m

Sistema estrutural: biapoiada constituída com vigas de madeira roliça, apoiada diretamente no solo

Geometria: esconsa

Comprimento: 7,90 m

Vão livre: 4,50m

Largura: 3,50 m

Madeira: Eucalipto



Elementos inspecionados:

- 4 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 40 cm);
- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;
- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada diretamente no solo, apresentando recalque em sua estrutura, fissuras e impregnação por lama nos pranchões; As longarinas atacadas por agentes bióticos, impregnação por lama e fissuras.



B35 PONTE “06” – Quadrante D

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 14 de outubro de 2022

Localização: Ponte 06 – Comunidade Bom Ver, Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20° 52.618'; W 041°29.412', Altitude 605 m

Sistema estrutural: biapoiada constituída com vigas de madeira roliça, apoiada diretamente no solo

Geometria: reta ortogonal

Comprimento: 6 m

Vão livre: 4,50m

Largura: 3,40 m

Madeira: Eucalipto



Elementos inspecionados:

- 4 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 40 cm);
- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;
- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada diretamente no solo, apresentando recalque em sua estrutura, fissuras e impregnação por lama nos pranchões; As longarinas atacadas por agentes bióticos, impregnação por lama e fissuras.



B36 PONTE “09” – Quadrante D

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 19 de outubro de 2022

Localização: Ponte 09 – Comunidade Lagoa Seca, Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20° 52.020'; W 041°28.029', Altitude 674 m

Sistema estrutural: biapoiada constituída com vigas de madeira roliça, apoiada diretamente no solo

Geometria: reta ortogonal

Comprimento: 5,20 m

Vão livre: 3,60 m

Largura: 3,50 m

Madeira: Eucalipto



Elementos inspecionados:

- 4 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 43 cm);
- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;
- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada diretamente no solo, apresentando recalque em sua estrutura, fissuras e impregnação por lama nos pranchões; As longarinas atacadas por agentes bióticos, impregnação por lama, vegetação e fissuras.



B37 PONTE “10” – Quadrante D

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 19 de outubro de 2022

Localização: Ponte 10 – Comunidade Lagoa Seca, Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20° 51.664'; W 041°27.957', Altitude 671 m

Sistema estrutural: biapoiada constituída com vigas de madeira roliça, apoiada diretamente no solo

Geometria: esconsa

Comprimento: 8,30 m

Vão livre: 4,50 m

Largura: 3,50 m

Madeira: Eucalipto



Elementos inspecionados:

- 4 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 43 cm);
- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;
- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada diretamente no solo, apresentando recalque em sua estrutura, fissuras e impregnação por lama nos pranchões; As longarinas apresentando impregnação por lama.



B38 PONTE “11” – Quadrante D

Inspeção visual de manifestações patológicas

Visita Técnica: 19 de outubro de 2022

Localização: Ponte 11 – Comunidade Lagoa Seca, Alegre - ES

Coordenadas GPS: S 20° 50.982'; W 041°28.171', Altitude 586 m

Sistema estrutural: biapoiada constituída com vigas de madeira roliça, apoiada diretamente no solo

Geometria: esconsa

Comprimento: 7,60 m

Vão livre: 4,80 m

Largura: 3,50 m

Madeira: Eucalipto



Elementos inspecionados:

- 4 longarinas de madeira roliça (diâmetro médio de 40 cm);
- Tabuleiro: pranchões, guarda-rodas, elementos de ligações;
- Apoios;

Ponte em estrutura de madeira apoiada diretamente no solo, apresentando fissuras e impregnação por lama nos pranchões.

