

Identificação de Patologias em Pontes de Madeira: Estudo de Caso na Cidade de Breu Branco - Pará

Lorena Rodrigues Pompeu¹, Carolina Coelho da Rosa²

¹ Universidade Federal do Pará/Campus de Tucuruí/Faculdade de Engenharia Civil /
lorenapompeu13@gmail.com

² Universidade Federal do Pará/Campus de Tucuruí/Faculdade de Engenharia Civil/carolinarosa@ufpa.br

Resumo

A infraestrutura é um fator preponderante para o desenvolvimento de um país, pois está interligada a diversas atividades econômicas. O transporte de pessoas e cargas em vias vicinais é imprescindível para o desenvolvimento de municípios como o de Breu Branco, no estado do Pará, por possuir diversos trechos de travessia de rios, a utilização de pontes de madeira é amplamente adotada. Contudo, a falta de mão de obra especializada gera estruturas com problemas relacionados ao método construtivo. Outro fator que implica na redução da vida útil é a falta de manutenção ou a escolha de material inadequado, levando em consideração que em grande parte dos casos não é realizado o dimensionamento estrutural de acordo com o veículo-tipo que utilizará a ponte. A identificação de patologias se torna uma ferramenta importante na determinação do grau de risco, além de ponderar o tipo de intervenção mais adequado. Este trabalho apresenta as patologias presentes em pontes de madeira do município de Breu Branco, com o objetivo de mitigar suas possíveis causas e, também, prevenir a manifestação de outras patologias. A metodologia utilizada foi baseada na Normas Técnicas 010/2004 - PRO (DNIT, 2004) e na ABNT NBR 9452 (ABNT, 2019), com inspeção visual no local, para o levantamento fotográfico. Os resultados da inspeção apresentam vigas em estado de apodrecimento, com alta presença de umidade, abaulamentos e ataque por animais xilófagos, além de falhas no sistema construtivo como tabuleiros irregulares e a ausência de guarda-corpos e cabeceiras.

Palavras-chave

Patologias; Pontes de Madeira; Inspeção; Breu Branco.

1. Introdução

As pontes são elementos históricos, sendo utilizadas para conectar povoamento ou regiões, além de ser um marco econômico e social de um município, estado ou País. Devido ao seu custo elevado é necessário garantir sua execução e manutenção de forma adequada a fim de prolongar sua vida útil. Segundo Calil Júnior *et al.* (2006), a maioria das pontes executadas e projetadas no Brasil, não são realizadas por profissionais especializados resultando em um dimensionamento fora dos padrões necessários, o que tornam as pontes mais caras e/ou inseguras para o uso.

As pontes estão diariamente expostas a intempéries, o que pode levar ao surgimento de diversas patologias, contudo, o tratamento adequado dos materiais utilizados bem como o monitoramento do método construtivo possui um papel fundamental na prevenção dela. Para aquelas que não foram executadas de acordo com as especificações técnicas vigentes, é possível fazer uso da inspeção visual no local, a fim de identificar as patologias existentes e suas possíveis causas, possibilitando a recuperação e a adequação do elemento.

Segundo Brito (2014), conforme os avanços tecnológicos e técnicas construtivas a utilização da madeira vem se tornando cada vez mais frequentes, como material estrutural devido suas vantagens. Conforme ainda ao mesmo, a madeira tem grande potencial em diversos âmbitos quando executada

de forma adequada, pois sua durabilidade está relacionada com a capacidade de resistir a intempéries e agente xilófagos.

Conforme Figueroa (2012), “A umidade, massa específica, tipos de água presente na madeira, contração e inchamento, são os principais fatores que afetam principalmente as propriedades físicas da madeira”. É de extrema importância conhecer as propriedades físicas e mecânicas do material a ser utilizado, visto que influencia a sua qualidade e utilização. Segundo Malan (1995), as variações das propriedades da madeira ocorrem conforme o tipo de espécie e dentro de seus troncos.

Quanto as características físicas e mecânicas da madeira, pode-se concluir que ela possui resistência alta, baixo peso e baixo consumo energético quando tratada de forma adequada, o que torna o material viável para execuções estruturais. Ademais possuem resistência a esforços de compressão, flexão, tração e cisalhamento, suportando grandes e pequenos carregamentos. Vale ressaltar que o surgimento de patologias devido à degradação reflete diretamente como ponto negativo para o uso da madeira como um elemento estrutural.

Grandes partes das pontes de madeira encontram-se em processo de degradação, o que resulta em insegurança e na ausência de conforto dos usuários, por isso, este trabalho tem como objetivo relatar a coleta de dados realizada por meio de relatórios fotográficos e inspeção do local, em 11 pontes de madeira no município de Breu Branco-PA, possibilitando a identificação das patologias e falhas existentes em cada uma das inspeções, bem como suas possíveis causas.

2. Revisão de literatura

2.1. Utilização da madeira em métodos construtivos

A madeira sucedeu diversos produtos que ultrapassam as principais limitações relacionado a dimensões e características físicas e mecânicas, destacando a madeira lamelada colada, o OSB (Oriented Strand Board), o MDF (Medium Density Fiberboard), e até mesmo como elemento estrutural utilizando a madeira maciça, Brites (2011). A construção em madeira vem sendo utilizada durante séculos, em diversos âmbitos da arquitetura devido durabilidade, economia e conforto térmico que o material proporciona. Conforme Haack (2015), a madeira foi um dos primeiros materiais utilizados pelo homem, desde as construções mais primitivas até a atualidade, devido sua facilidade de acesso, onde foi necessário desenvolver técnicas para sua utilização, e a partir disso essas técnicas vem se evoluindo até atingir resultados satisfatórios em que permite realizar projetos com alta complexibilidade como por exemplo o cubo na Inglaterra.

A utilização da madeira foi substituída significativamente após a popularização da utilização de aço e concreto, no entanto, o aprimoramento dos processos e tratamentos em madeira permitiram que suas deficiências se tornassem cada vez menores, sobretudo a sua resistência ao fogo, além de características favoráveis a sustentabilidade, pois seu processamento requer baixo consumo energético, sendo assim atestada como material eficaz na construção civil, abrangendo desde residência à obra de artes especiais. Conforme Calil Júnior *et al.* (2006), a madeira se tornou um material vantajoso para execução de pontes em estradas vicinais, visto que é capaz de suportar cargas de curta e longa duração, além do ponto de vista econômico, atendendo os critérios de segurança, economia e eficácia.

2.2. Patologias em pontes

Conforme Brites (2011), os fatores que interferem na durabilidade da madeira são os agentes externos, destacando os biológicos que afetam diretamente o elemento estrutural, sendo o teor em água do material que influencia de forma significativa na durabilidade. Pode-se dizer que uma patologia surge em determinada construção quando não atende os requisitos de funcionalidade estabelecidos durante o projeto. Partindo desse pressuposto sabe-se que as pontes são elementos sujeitos a cargas constante e a intempéries no meio externo que podem danificar sua estrutura também formando patologias. Seu surgimento pode estar atrelado as falhas e incorreções nas etapas

primordiais de uma construção sendo eles: Concepção, projeto ou execução, dessa forma a importância de ser realizado por profissionais adequados.

A madeira é um material orgânico, sólido e de composição complexa composta por fibras de celulose de propriedades de resistência e de rigidez da madeira, fundamentais em um projeto estrutural. Ao ser utilizado para tal funcionalidade deve ser submetida a tratamento adequados, o que proporciona um aumento significativo no que se refere a durabilidade a intempéries e ataque de agentes xilófagos. Conforme Filho (2006), um dos maiores problemas patológicos da madeira é o estado de seu apodrecimento, isso ocorre devido a relação da quantidade de água, pois quando maior os fungos se desenvolvem rapidamente. A ABNT NBR 7190 (ABNT, 2022) especifica que quaisquer edificações executadas com material madeira deve ser obedecidos ao projeto elaborado pelos profissionais.

Segundo Cruz (2011), a inspeção preliminar deve se analisar o estado de conservação dos elementos estruturais da madeira, e deformações mesmo que ocultas, para se obter um diagnostico eficaz, e ressalta ainda a importância das inspeções periódicas. Conforme Machado (2002), o objetivo primordial na identificação das patologias é diagnosticar por meio de explicações técnicas e seu comportamento no elemento estrutural, que pode afetar sua segurança e durabilidade, conforme o diagnostico permitir a decisão correta no tratamento.

3. Metodologia

A metodologia utilizada neste trabalho consiste, a priori na análise do sistema construtivo da ponte, e posteriormente na identificação das patologias presentes no objeto, por meio de inspeção no local e relatório fotográfico, e, com isso, classificá-las junto com as suas possíveis causas e propor medidas corretivas, seguindo as especificações das normas técnicas: Normas Técnicas 010/2004 - PRO do (DNIT, 2004) e na ABNT NBR 9452 (ABNT, 2019).

4. Materiais e métodos

4.1. Caracterização da área de estudo

O local de estudo se encontra nas zonas rurais do município de Breu Branco, no estado do Pará. O Município está localizado na latitude 4°0'34" sul e na longitude 49° 27' 41" oeste, com aproximadamente 68.597 pessoas habitantes, com área de 3.941,904 quilômetros quadrados (IBGE, 2021). O objeto em estudo são 11 pontes que se encontram no município.

4.2. Estado de conservação das pontes

Segundo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT, 2004), a vistoria em pontes é um procedimento técnico que vem acontecendo com maior índice no Brasil, com intuito de revitalização em estruturas ou elementos estruturais. Diante disso entende-se a necessidade pois por meio da vistoria técnicas é possível fornecer guias e metodologias para as tomadas de decisões.

A utilização de pontes no município é primordial, pois esta é responsável pelo tráfego dos municípios que residem na zona rural do município. Breu Branco possui atualmente mais de 35 pontes de madeira, gerando um alto custo de manutenção, uma vez que estas são indispensáveis para o escoamento da produção e fluxo de pessoas que residem na zona rural. O constante fluxo de caminhões e carretas torna-se um agravante para a redução da vida útil das pontes existentes, pois a falta de tratamento e monitoramento adequado, resultam em diversas patologias e falhas construtivas facilmente observadas em visita in loco. O objeto de estudo em questão pode ser visto abaixo, juntamente com as patologias e falhas construtivas.

Figura1: Estado de conservação da ponte C4 – Ponte A



Fonte: Autores (2023)

Figura 2: Estado de conservação da 2ª ponte C4- Ponte B



Fonte: Autores (2023)

Figura 3: Estado de conservação da 2ª ponte C8- Ponte C



Fonte: Autores (2023)

Figura 4: Estado de conservação da 2ª ponte Boa esperança - Ponte D



Fonte: Autores (2023)

Figura 5: Estado de conservação da 2° ponte da PA 151 km22- Ponte E



Fonte: Autores (2023)

Figura 6: Estado de conservação da 3° ponte da C8- Ponte F



Fonte: Autores (2023)

Figura 7: Estado de conservação da 3° ponte da PA151km 26- Ponte G



Fonte: Autores (2023)

Figura 8: Estado de conservação da 4° ponte da vila Boa Esperança- Ponte H



Fonte: Autores (2023)

Figura 9: Estado de conservação da ponte C8- Ponte I



Fonte: Autores (2023)

Figura 10: Estado de conservação da ponte Branquelandia - Ponte J



Fonte: Autores (2023)

Figura 11: Estado de conservação da ponte vicinal Deodata- Ponte K



Fonte: Autores (2023)

Por meio da análise do relatório fotográfico e inspeção local foram identificadas as patologias em cada ponte, juntamente com as falhas construtivas apresentadas, com isso foi realizado uma tabela com suas respectivas patologias e falhas.

Figura 12: Patologias identificadas nas pontes

	Ponte A	Ponte B	Ponte C	Ponte D	Ponte E	Ponte F	Ponte G	Ponte H	Ponte I	Ponte J	Ponte K
Patologias	Fissuras no tabuleiro	Fissuras no tabuleiro	Aprodecimento dos elementos estruturais	Fissuras no tabuleiro	Fissuras no tabuleiro	Fissuras no tabuleiro	Fissuras no tabuleiro	Fissuras no tabuleiro	Fundação em estado de deteriorização	Fissuras no tabuleiro	Fissuras no tabuleiro
	Apodrecimento do elementos estruturais	Apodrecimento	Presença de mofo	Apodrecimento do tabuleiro	Apodrecimento do tabuleiro	Apodrecimento do tabuleiro	Perdas de peças estruturais	Apodrecimento dos elementos estruturais	Longarinas com ataque de animais xilófagos	Perdas de peças estruturais	Perdas de peças estruturais
	-	Danos nos pilares e longarinas	Deformações no tabuleiro	Seção reduzida	-	Ataque de cupim	Apodrecimento	Alto teor de umidade nos elementos	Pilares com fissuras	Danos nas vigas	Danos no tabuleiro devido a umidade

Fonte: Autores (2023)

Figura 13: Falhas construtivas identificadas nas pontes

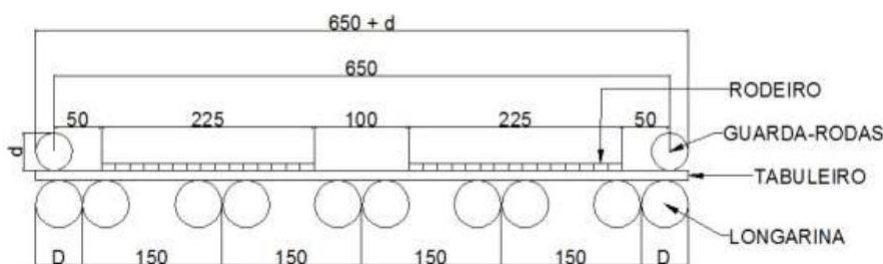
	Ponte A	Ponte B	Ponte C	Ponte D	Ponte E	Ponte F	Ponte G	Ponte H	Ponte I	Ponte J	Ponte K
Falhas Construtivas	Irregularidades no tabuleiro	Irregularidades no tabuleiro	Irregularidades no tabuleiro	Mal dimensionamento dos elementos estruturais	Escolha do material inadequada	Escolha do material inadequada	Escolha do material inadequada	Escolha do material inadequada	Escolha do material inadequada	Escolha do material inadequada	Escolha do material inadequada
	Ausência de cabeceira	Ausência de cabeceira	Ausência de cabeceira	Escolha do material inadequada	Dimensionamento de tráfego precário	Dimensionamento de tráfego precário	Dimensionamento de tráfego precário	Dimensionamento de tráfego precário	Fundação executada de forma inadequada	Tabuleiro exetados de forma inadequada	Dimensionamento de tráfego precário
	Falta de guarda corpo	Falta de guarda corpo	Mal dimensionamento dos elementos estruturais	Dimensionamento de tráfego precário	Ausência de cabeceira	Ausência de cabeceira	Ausência de cabeceira	Tratamento de umidade	Ausência de tratamento contra a umidade excessiva	Dimensionamento de tráfego precário	Ausência de cabeceira
	Falhas no dimensionamento estrutural	Material da Fundação sem tratamento	Falta de tratamento contra umidade	Falta de guarda corpo	Falta de guarda corpo	Falta de guarda corpo	Falta de guarda corpo	Falta de guarda corpo	Falta de guarda corpo	Falta de guarda corpo	Falta de guarda corpo

Fonte: Autores (2023)

4.3. Execução e Manutenção

Conforme Calil Júnior *et al.* (2006), o modo construtivo das pontes de madeira se assemelha em diversos âmbitos dos demais sistemas estruturais, no entanto é um material versátil, leve e possui diversas formas de composição, o que diversifica seu uso, seguindo ainda o manual citado, pode-se analisar os critérios de dimensionamento, execução e manutenção das pontes, para que seja realizado de forma adequada. O modo construtivo de ponte de madeira mais utilização é composto por peças roliças de vigas simples, devido a facilidade de aplicação, execução e manutenção, sendo utilizada na maioria em pontes de vicinais (MILANI, 2010). Os elementos constituintes de uma ponte são: tabuleiro, guarda-rodas, guarda-corpo, longarinas e pilares.

Figura 13: Corte transversal de uma ponte e madeira



Fonte: Silva; Philippsen (2015).

No que se refere ao sistema construtivo de pontes no município de Breu Branco, a utilização do material consiste, em sua grande maioria, no emprego de madeiras roliças ou peças serradas, sendo o tabuleiro predominantemente em madeira cerrada. Isso se dá pelo fato de os vãos serem de pequena extensão, não necessitando de associações mais elaboradas para que possam transpor o leito.

Outro detalhe importante é que, devido ao fato de serem pequenas extensões, é comum atestar a ausência de contenção, ou até mesmo a utilização apenas do tabuleiro de madeira rígida cerrada como único elemento da ponte existente. Vale ressaltar que as vicinais onde se encontram o objeto de estudo, possuem um fluxo considerável de veículos pesados, o que oferece risco para as estruturas que foram executadas inadequadamente. Além dos efeitos de intempéries, os agravantes relacionados aos erros de projeto e de execução, possibilitam o surgimento precoce de patologias.

A identificação de patologias em pontes de madeira, pode ser obtida em inspeção visual e in loco, pois as possíveis patologias são advindas da deterioração da madeira, falhas na execução e/ou ausência de manutenção. Conforme Calil Júnior *et al.* (2006) “A inserção corresponde a vistoria periódicas e sistemáticas, para a avaliação de sinais de deterioração, tais como: descoloração, áreas úmidas, goteiras, etc.”. É possível também identificar peças de madeira de diferentes características físicas decorrentes de manutenções anteriores onde houve o corte ou a remoção de vigas tracionadas, a redução da seção transversal pode diminuir suas capacidades resistentes.

As fundações de ponte de madeira quando executadas de forma inadequada, seja pela utilização de material impróprio ou por mão de obra com pouca experiência de execução de pontes de madeira,

podem ocasionar em um período curto ou longo de tempo a instabilidade do sistema estrutural, a depender do sub ou superdimensionamento do projeto executado. As fundações devem ser executadas com o acompanhamento de profissional com experiência em classificação de madeira e de possíveis defeitos que as peças podem apresentar, garantindo uma maior confiabilidade na instabilidade das fundações executadas.

A escolha do material é uma etapa crucial para garantir a resistência adequada, deve se atentar em todo seu sistema estrutural, para evitar o surgimento de problemas, como por exemplo, a aparição de fissuras e deslocamentos do sistema estrutural devido a secagem de madeira verde, comumente utilizada em pontes de madeira em zonas rurais. Devido a gama de possíveis patologias que podem incidir no sistema estrutural com utilização de madeira, a identificação das causas é imprescindível para a escolha do tipo de manutenção corretiva a ser utilizada, ressaltando o fato de que a deterioração inicial pode ser facilmente corrigida com custos significativamente inferiores quando comparados com manutenções com a presença de deterioração severa, necessitando a utilização de reforços ou reparos mecânicos sendo, em alguns casos, necessitando de utilização de concreto e/ou aço no sistema estrutural.

5. Conclusões

Após a realização de relatório fotográfico e de inspeções locais em 11 pontes de madeira no município de Breu Branco, no estado do Pará, conclui-se que:

1) Quanto as patologias presentes nos elementos estruturais das pontes.

- 80% das pontes do estudo sofrem fissuras no tabuleiro, longarinas e pilares que compõe seu sistema estrutural e isso ocorre devido a utilização de material e execução inadequada, e, também, da ausência de tratamento da madeira utilizada;

-70% das pontes analisadas se encontram em estado de apodrecimento do material, devido a constante umidade do local.

Vale ressaltar que apesar das patologias citadas serem as mais recorrentes, não são tão graves quanto os deslocamentos, as falhas no sistema estrutural dos pilares e longarinas, as seções reduzidas, entre outras, as quais são mais difíceis de se identificar por técnicos inexperientes e afetam diretamente a utilização das pontes.

2) Quanto as falhas construtivas.

- 90% foram a falta de guarda-corpo, o que impacta diretamente na segurança do usuário;

-72% das pontes foram executadas com material inadequado, o que potencializa diversas patologias como o apodrecimento ou o desgaste a abrasão.

Dessa forma, comparando as patologias com o sistema construtivo e a manutenção de pontes, é perceptível que elas se deram devido às falhas construtivas e à falta de manutenção, podendo ser atribuídos, a inexistência de projetos adequados na realização das pontes, mão de obra não qualificada, material inadequado, mal dimensionamento de tráfego no local e ausência de inspeção periódica, interferindo diretamente na durabilidade do elemento. Vale ressaltar, ainda a precariedade da segurança observada nas pontes, como falta de sinalização vertical.

6. Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7190: **Projetos de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9452: **Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2019.

BRITES, R. J. D. **Avaliação de segurança das estruturas antigas de madeira**. 2011. 307 f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, 2011.

BRITO, J. **Apontamentos da cadeira de inspeção, patologia e reabilitação de edifícios: Diagnóstico, Patologia, e reabilitação de construção de madeira**. 2004. 66 p. Apostila.

BRITO, L. **Patologia em estruturas de madeira: Metodologia de inspeção e técnicas de reabilitação**. 2014. 502 f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia, de são Carlos, 2014.

- CALIL JÚNIOR, C. *et al.* **Manual de projeto e construção de pontes de madeira.** São Carlos: Fapesp, 2006. 166 p. Disponível em: <http://www.usp.br/agen/wp-content/uploads/Manual-de-Pontes-de-Madeira.pdf>
- CRUZ, H. **Inspeção, avaliação e conservação de estruturas de madeira.** In: JORNADAS DE MATERIAIS NA CONSTRUÇÃO, 2011, Lisboa, Portugal. 2011 P. 215-227.
- CUNHA, J. T. **Diagnóstico e avaliação da segurança de estruturas de madeira existentes.** 2013. 205 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2013.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **NORMA DNIT 010/2004 – PRO: Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – Procedimento.** Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2004.
- FIGUEROA, M. M. **Coefficientes de modificação das propriedades mecânicas da madeira devidos à temperatura.** 2012. 259 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Ppgec, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.
- FILHO, C. A. E. **A durabilidade da madeira na arquitetura sob a ação dos fatores naturais: Estudo de caso em Brasília.** 2006. Dissertação de Mestrado (Curso de Arquitetura e Urbanismo) Universidade de Brasília, UnB. 2006.
- HAACK, M. **Aplicação de técnicas de inserção em pontes de madeira do município de Cunha Porã - Sc.** 2015. 103 f. Trabalho de conclusão de curso (TCC) – Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco. 2015.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA IBGE (2021). IBGE Cidades: **Censo Populacional 2021.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/breu-branco/panorama>
- MACHADO, A. de P. **Reforço de estruturas de concreto armado com fibras de carbono.** São Paulo: Pini, 2002. Disponível em: < http://site.abece.com.br/images/manual_viapol.pdf>. Acesso 20 abr. 2015.
- MACHADO, J. S.; DIAS, A; CUSTÓDIO, J.; PALMA, P. (2009). **Avaliação, Conservação e Reforço de Estruturas de Madeira.** 1ª edição, ISBN: 9789896420659. Editora Verlag Dashöfer. Portugal.
- MALLAN, F.A. **Eucalyptus improvement for lumber production.** In: Seminário Internacional De Utilização Da Madeira De Eucalipto 15 Para Serraria, São Paulo, IPEF/IPT, Anais ..., São Paulo, IPEF/IPT, 05-06, abr., 1995. p.1-19.
- MILANI, C. J. **Subsídios para o diagnóstico das pontes do sistema viário do município de Pato Branco - Paraná.** 2010. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Infraestrutura e Meio Ambiente, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2010.
- SILVA, F. J.; PHILIPPSEN, M. **Estudo e concepção de modelo geométrico estrutural de pontes em vigas de madeira roliça de eucalipto para estradas vicinais da região sudoeste do estado do Paraná.** 2015. 79 f. Trabalho de conclusão de curso (TCC) – Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Civil do Departamento de Construção Civil – DACOC – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015.