



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

ERICK JOSÉ COSTA DUARTE

**ANÁLISE DE CASO: COMPORTAMENTO MECÂNICO DAS PONTES DE PALITO
DE PICOLÉ DA UFERSA CAMPUS PAU DOS FERROS/RN**

PAU DOS FERROS - RN

2023

ERICK JOSÉ COSTA DUARTE

**ANÁLISE DE CASO: COMPORTAMENTO MECÂNICO DAS PONTES DE PALITO
DE PICOLÉ DA UFERSA CAMPUS PAU DOS FERROS/RN**

Monografia apresentada à coordenação do curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, campus Pau dos Ferros, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Ciência e Tecnologia

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Rogério Cruz de Sousa

Co-Orientador: Prof. Dr. José Flávio Timoteo Júnior

PAU DOS FERROS - RN

2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

D812a Duarte, Erick José Costa.
Análise de Caso: Comportamento Mecânico das
Pontes de Palito de Picolé da Ufersa Campus Pau
dos Ferros/RN / Erick José Costa Duarte. - 2023.
37 f. : il.

Orientador: Cláwsio Rogério Cruz de Sousa.
Coorientador: José Flávio Timoteo Júnior.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de , 2023.

1. Pontes de palito. 2. Carga axial. 3. Tensão
normal. 4. Deformação axial. I. Cruz de Sousa,
Cláwsio Rogério , orient. II. Timoteo Júnior,
José Flávio, co-orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Pau dos Ferros
Bibliotecária: Erlanda Maria Lopes da Silva
CRB: 15/966

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ERICK JOSÉ COSTA DUARTE

**ANÁLISE DE CASO: COMPORTAMENTO MECÂNICO DAS PONTES DE PALITO
DE PICOLÉ DA UFERSA CAMPUS PAU DOS FERROS/RN**

Monografia apresentada à coordenação do curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, campus Pau dos Ferros, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Ciência e Tecnologia

Defendida em: 13 / 10 / 2023

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **CLÁWSIO ROGERIO CRUZ DE SOUSA**
Data: 22/01/2024 15:14:08-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Cláwsio Rogério Cruz de Sousa, Prof. Dr. (UFERSA)

Presidente
Documento assinado digitalmente
 **JOSE FLAVIO TIMOTEO JUNIOR**
Data: 17/01/2024 22:04:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

José Flávio Timóteo, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
 **MAYRA THAYNA DE OLIVEIRA SILVA**
Data: 22/01/2024 14:48:16-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Eng. Mayra Thayná de Oliveira Silva
Membro Suplente Examinador

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer, primeiramente, à Deus, por proporcionar todas as oportunidades que já tive até o momento atual, sendo sempre um ponto de apoio e amparo.

Agradecer também à minha mãe, Maria do Socorro Almeida Costa, por tudo o que fez e tem feito por mim, ajudando em todos os momentos, sem ela nada seria possível. Assim como ao meu pai, Fábio Duarte Fabrício, por toda a ajuda, e minha família em geral, na qual algumas pessoas, em especial, a minha tia Fabiana Duarte Fabrício e minha prima Jaqueline Neves, ajudaram na escrita da pesquisa.

Fica um agradecimento para todos os meus amigos, são inúmeros em quantidade e qualidade, mas sem eles eu não teria conseguido chegar a este momento tão definitivo do curso, principalmente pelas inúmeras vezes que me ajudaram, apoiaram, incentivaram e colaboraram com este trabalho. Agradeço também aos Professores Dr. Cláwsio Rogério Cruz de Sousa e Dr. José Flávio Timoteo Júnior, por toda a ajuda que forneceram durante a produção da monografia.

Muito obrigado a todos!

RESUMO

As pontes surgiram como grandes ferramentas para evolução da humanidade, dando a possibilidade para obter acesso a áreas inacessíveis, impossibilitadas por rios, vales, lagos e etc. Ao longo dos anos, as pontes foram evoluindo gradualmente com o avanço da tecnologia, e diversas ferramentas para projetá-las, por exemplo o software Ftool, e maneiras de construir. No âmbito acadêmico, surgiram as competições de pontes de palito de picolé, com o intuito de proporcionar formas dos alunos começarem a colocar em prática os conhecimentos apresentados e adquiridos durante as aulas, prezando pela criatividade, trabalho em equipe e vivência para chegarem, minimamente preparados, ao mercado de trabalho. A parte teórica de fato, proporciona um amplo conhecimento, porém ao se colocar em prática, é notório que o modo de agir se torna diferente do que se imagina, logo a realização da competição também proporciona essa experiência. Os alunos são instigados a tomarem a frente de um projeto estrutural básico, de uma ponte treliçada, dando oportunidade dos mesmos, compreenderem como as cargas atuam em corpos estruturais, de que modo as tensões atuam e as deformações que podem ocorrer durante a aplicação de uma carga. A presente monografia, tem o objetivo de demonstrar como as cargas, tensões e deformações que atuam no comportamento das pontes, influenciam em todo o projeto estrutural de uma ponte, utilizando protótipos construídos por discentes que participaram da competição realizada na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Campus de Pau dos Ferros - RN, e a partir desses modelos, realizar um estudo de caso voltado para o comportamento das mesmas.

Palavras-chaves: Pontes de Palito; Carga Axial; Tensão Normal; Deformação Axial.

ABSTRACT

Bridges have emerged as significant tools for the advancement of humanity, providing the possibility to access otherwise inaccessible areas, hindered by rivers, valleys, lakes, and so on. Over the years, bridges have gradually evolved with the advancement of technology and various tools for designing them, such as the Ftool software, and methods of construction. In the academic context, Popsicle stick bridge competitions have emerged with the aim of allowing students to put into practice the knowledge presented and acquired during their classes, emphasizing creativity, teamwork, and real-world experience to prepare them, to some extent, for the job market. The theoretical aspect indeed provides extensive knowledge, but when put into practice, it becomes evident that the way to act is different from what one might imagine. Thus, the realization of the competition also provides this experience. Students are encouraged to take the lead in a basic structural project for a truss bridge, giving them the opportunity to understand how loads affect structural bodies, how stresses work, and the deformations that can occur when a load is applied. This thesis aims to demonstrate how loads, stresses, and deformations that affect bridge behavior influence the entire structural design of a bridge, using prototypes built by students who participated in the competition held at the Federal Rural University of the Semi-Arid, Pau dos Ferros Campus - RN, and based on these models, conduct a case study focused on their behavior.

Keywords: Stick Bridges; Axial Load; Normal Stress; Axial Deformation.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Ponte de Pedra
- Figura 2** - Ponte de Madeira e Cipó
- Figura 3** - Tipos de pontes com vigas treliçadas
- Figura 4** - Modelos de Pontes
- Figura 5** - Tipos de Apoios
- Figura 6** - Carga concentrada
- Figura 7** - Carga Distribuída
- Figura 8** - Tensão de Tração e Compressão
- Figura 9** - Deformação por solicitação normal
- Figura 10** - Processo de Colagem
- Figura 11** - Processo Construtivo
- Figura 12** - Finalização da Confecção da Ponte
- Figura 13** - Fluxograma do Processo
- Figura 14** - Cargas Axiais do Modelo 8
- Figura 15** - Cargas Axiais do Modelo 12
- Figura 16** - Cargas Axiais do Modelo 14
- Figura 17** - Modelo 8 Deformada pelo Software Ftool
- Figura 18** - Modelo 12 Deformada pelo Software Ftool
- Figura 19** - Modelo 14 Deformada pelo Software Ftool

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dimensões e Resistência do Palito de Picolé da VI Edição.....	28
Tabela 2: Dimensões do Palito de Picolé da VI Edição.....	28
Tabela 3: Pontes Utilizadas no Estudo.....	30
Tabela 4: Cargas Estimadas e de Ruptura dos protótipos.....	31
Tabela 5: Tensões dos Modelos.....	33

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVOS.....	13
2.1. OBJETIVO GERAL.....	13
2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO.....	13
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
3.1. PONTES.....	14
3.2. ANÁLISE ESTRUTURAL.....	16
3.3. CARGA.....	18
3.4. TENSÃO.....	20
3.5. DEFORMAÇÃO.....	21
4. METODOLOGIA.....	23
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	23
4.2. MÉTODO UTILIZADO NA PESQUISA.....	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	28
5.1. ESTUDO DE CASO.....	28
5.1.1. Comportamento em relação a carga.....	29
5.1.2. Comportamento em relação a tensão normal.....	32
5.1.3. Comportamento em relação a deformação.....	33
6. CONCLUSÃO.....	35
REFERÊNCIAS.....	37

1. INTRODUÇÃO

A humanidade sempre enfrentou diversas dificuldades e problemas, especialmente na locomoção para a transposição e travessia de rios, penhascos, depressão, entre outros trechos de difícil acesso, no decorrer do processo evolutivo da sociedade. Para a superação desses obstáculos, começaram a utilizar elementos para união dos trechos, como troncos e pedras, permitindo o acesso a locais inacessíveis, e a partir deles, começaram a surgir pontes, tendo o mesmo intuito. Para Arcieri (2019) a ponte é uma obra de arte, com objetivo de garantir a transposição de um obstáculo e estabelecer a continuidade na via de natureza qualquer, como por exemplo para passagem de pedestres.

De acordo com Silva (2020) com o desenvolvimento das cidades e das metrópoles ao longo dos anos, a necessidade dessas estruturas cresceu drasticamente, tendo em vista o benefício que se obtinha para o mercado financeiro, transporte de mercadorias e expansão de terras graças a utilização delas. A importância da tecnologia e economia na construção, influenciou de forma significativa a criação de diversos modelos eficientes e seguros. Segundo Perini (2020) o projeto estrutural trata da parte fundamental da elaboração de um projeto de estrutura, pois com ele é possível obter prévia de como será a edificação, além de, como parte principal, garantir a segurança, economia e conforto. Com a realização de um projeto estrutural bem elaborado, se evitam problemas futuros como trincas, desmoronamento e até mesmo gastos desnecessários.

O projeto estrutural, sendo ele para qualquer modelo de edificação, é de suma importância. Para a realização das edificações, tendo o projeto estrutural realizado, foram criadas diversas técnicas construtivas e aprimoramentos tecnológicos a serem utilizados. Das mais diversas técnicas utilizadas ao longo dos anos, uma bastante eficiente para melhoria, aperfeiçoamento e previsão de comportamento, é por meio da construção de protótipos com escala reduzida, na qual serão submetidos a testes de eficiência por meio da ruptura das estruturas (SILVA, 2020).

As universidades, escolas, eventos e até mesmo algumas empresas de construção civil, do Brasil e do mundo, utilizam desse meio para realizar comparativo e dimensionamento do comportamento das estruturas ao serem submetidas a carregamentos externos, e averiguar a eficiência e desempenho dos modelos criados.

Sendo assim, no âmbito acadêmico, são introduzidas as metodologias ativas, visando à confecção de pontes como protótipos de forma que os alunos possam analisar na prática o comportamento que as estruturas têm ao serem submetidas à carregamentos. A metodologia é

implantada em forma de competição para estimular os discentes a confeccionarem modelos mais eficientes e inovadores, explorando a criatividade e aplicação dos assuntos abordados em aula e nos minicursos realizados antes da construção, como forma de preparar os discentes para a confecção das pontes.

Os modelos variam de acordo com cada estilo de competição realizada, podendo ter pontes de macarrão, papel, madeira, palito de picolé e palitos de churrasco. Outra possibilidade que surge com o meio de ensino é apresentar aos alunos como funciona o mercado de trabalho, por desenvolver toda uma questão de trabalho em equipe, gestão e execução de projetos, planejamento, técnicas construtivas e otimização.

O desenvolvimento de projetos estruturais, como citado anteriormente, tem um papel fundamental para as edificações, e para a realização do processo de elaboração, foram criados modelos matemáticos que realizam análise dos esforços, comportamento, dimensionamento, etc. De acordo com Martha (2010) a possibilidade de garantir a segurança no projeto estrutural aumentou significativamente com a utilização dos modelos matemáticos, como os softwares AltoQi/QiBuilder, Robot, TQS, Cypecad, Eberick e Ftool.

Na Universidade Federal Rural do Semi Árido - Campus Pau dos Ferros (UFERSA-CMPF) é realizada a competição de pontes de palito de picolé, onde após a publicação deste trabalho, terá realizada a sua sétima edição. Realizada pelos discentes que estão cursando os componentes curriculares de Mecânica Geral I e Resistência dos Materiais I, os mesmos são impulsionados a projetarem protótipos de pontes de palito de picolé para colocar em prática os assuntos abordados nas disciplinas, de modo a incentivar diversos fatores citados anteriormente. Para a confecção dos projetos, é utilizado o software Ftool onde se determina os esforços atuantes e melhorar a precisão nos cálculos.

O presente trabalho visa analisar as diferenças de valores de cargas das equipes, onde especificamente nesta 6ª Edição da competição, surgiu o questionamento do motivo pelo qual somente três pontes, dentre as participantes, conseguiram chegar ao valor, teórico, determinado por eles tão próximo da ruptura.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Análise do comportamento mecânico das pontes de palito de picolé em relação à carga, tensão normal e deformação, obtidas na 6ª Edição da Competição das Pontes.

2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

- Compreender as cargas atuantes na estrutura;
- Avaliar as tensões normais atuantes nas pontes;
- Verificar as deformações normais no sistema estrutural.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. PONTES

Segundo o autor Marchetti (2009), a obra responsável por garantir a transposição de pessoas, cargas, transportes ou animais, para outros locais que de certa forma são inacessíveis, como por exemplo rios, lagos, riachos ou até mesmo vales, é denominada ponte.

De acordo com Itti - Instituto Tecnológico de Transportes e Infraestrutura (2023), as pontes surgiram ao acaso, de forma natural, quando troncos de madeira caíam ocasionalmente sobre vãos de vales, rios e entre outras coisas, proporcionando a possibilidade de transposição para lugares inacessíveis. Foi uma grande ferramenta no decorrer da história, tendo em vista as necessidades que surgiram ao longo dos anos, o homem passou a utilizar em benefício próprio para avanço de novas áreas e praticidade para superar grandes vãos.

O avanço da tecnologia e cálculos matemáticos que surgiram durante o desenvolvimento da humanidade, serviram de grande auxílio no aprimoramento de projetos estruturais, em especial das pontes que foram utilizados para a construção delas, como também o dimensionamento e carga que seria suportada, garantindo assim a segurança para realizar a travessia. Outro fator que influenciou diretamente foi o conhecimento da variedade de matérias-primas que de acordo com a autora Silva (2020) outros materiais costumeiramente encontrados na natureza foram de grande ajuda nesse avanço construtivo, desde o uso de cipós, barro, pedras e especialmente a madeira, que com a presença de travas garante uma maior estabilidade da estrutura, como é demonstrado nas figuras 1 e 2.

Figura 1 - Ponte de Pedra



Fonte: Luiz (2023)

Figura 2 - Ponte de Madeira e Cipó

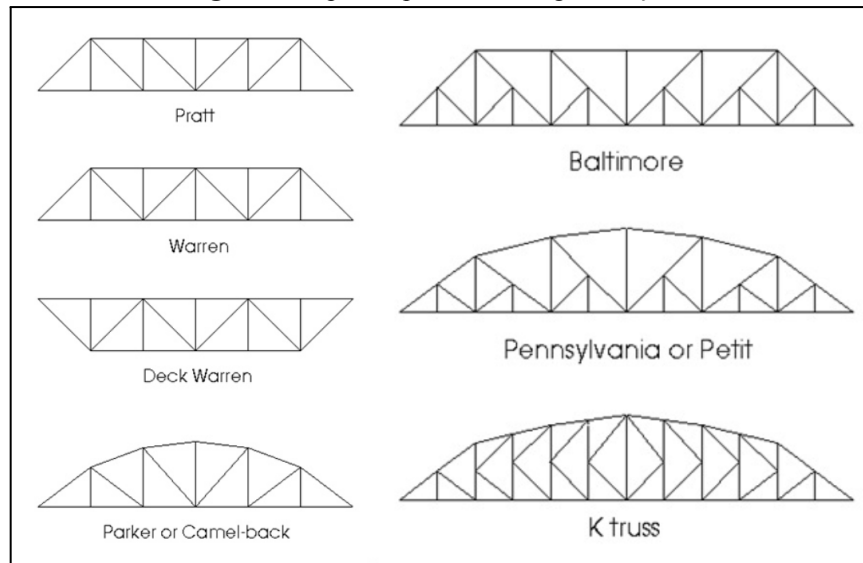


Fonte: Redação (2021)

Dentre os modelos criados, como por exemplo, pontes em arcos, em viga, pórtico,

estaiada e suspensa. Um ponto interessante a se notar sobre todos os modelos, é que a grande parte é composta por treliças, que segundo a AWA Comercial (2023) As treliças são bastante usuais devido serem muito rígidas, transferindo as cargas a partir um ponto para uma área mais ampla, garantindo uma absorção maior de peso e impacto. Logo abaixo na figura 3, segue alguns modelos de pontes utilizados.

Figura 3 - Tipos de pontes com vigas treliçadas



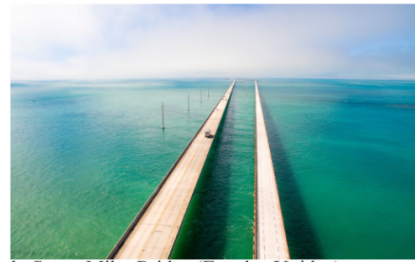
Fonte: Adaptação Estruturas de madeira (2008)

Em relação aos seus outros elementos estruturais, são constituídos por três partes, sendo elas: superestrutura que está situada em cima dos apoios, na qual é composta por vigas e lajes. Aparelhos de apoios responsáveis pelo vínculo entre a superestrutura e infraestrutura, ao qual irá direcionar toda carga sofrida pela estrutura para o solo, ao qual está dividido em três tipos, apoios de primeiro, segundo e terceiro gênero. Para Debs e Takeya (2007) a infraestrutura, a qual é composta por pilares, fundações e encontros, que tem como função realizar a transmissão dos esforços para o terreno.

De forma geral, Marchetti (2009) informa que para garantir um projeto estrutural de uma ponte os requisitos necessários são: segurança, estética, funcionalidade, economia e durabilidade. Tais características foram sendo aperfeiçoadas ao longo do tempo com o desenvolvimento da engenharia, matemática e técnicas construtivas, como também o material utilizado durante a construção. Na figura 4 pode-se notar como tal avanço e conhecimento influenciou diretamente nos modelos, pontes construídas e combinação dos materiais utilizados.

Figura 4 - Modelos de Pontes

a. Ponte da Baía de Hangzhou (China)



b. Seven Miles Bridge (Estados Unidos)



c. Ponte Nambu (China)



d. Atlantic Road (Noruega)



e. Millau Viaduct (França)



f. Golden Gate (Estados Unidos)



g. Ponte Zhangjiajie (China)



h. Henderson Waves (Singapura)



i. Ponte Aquática Magdeburg (Alemanha)



j. Langawi Skybridge (Malásia)

Fonte: Guia da Semana (2019)

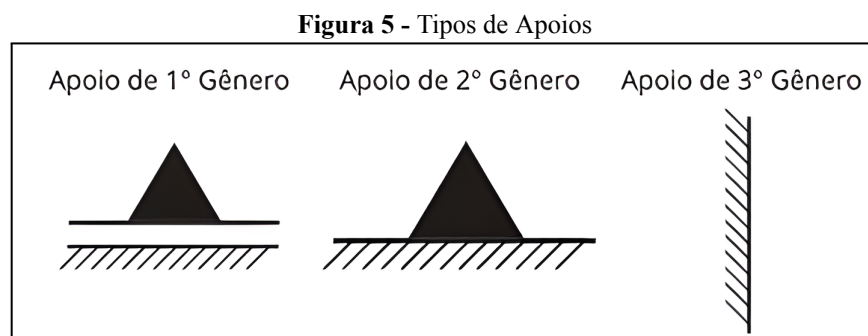
3.2. ANÁLISE ESTRUTURAL

Para se ter a garantia do sucesso, segurança e economia da estrutura é realizada uma análise e projeção de todas as forças e cargas atuantes no sistema, de acordo com o autor

Hibbeler (2010), os valores das forças que atuam no sistema são grandezas vetoriais, tendo o módulo, direção e sentido. No qual ainda são caracterizadas como forças internas que se trata de esforço normal, cortante e momento fletor, ou forças externas que atuam por meio de campo ou contato. A carga, são esforços atuantes de forma interna ou externa da estrutura, na qual provoca algum comportamento mecânico.

Cada força atuante no sistema influencia diretamente no comportamento do corpo, que a depender do tipo de esforço solicitado em determinado trecho pode haver a fratura da peça a partir da carga atuante. Segundo a autora Silva (2020) Algumas forças atuantes no sistema são classificadas como externas e divididas em duas categorias, reativas ou ativas. As forças ativas são as que atuam mediante a solicitação do projeto, na qual são investigadas no dimensionamento e desenvolvimento do projeto. Ao se tratar de pontes, a qual vão ter contato direto com outro corpo, há a presença de forças reativas que geram um apoio, que de acordo com o autor Carvalho (2023) os carregamentos aplicados na estrutura, se desenvolvem nos apoios ou pontos de contato, sendo definidos como reações. em toda estrutura, que varia de acordo com cada estilo de contato.

Os apoios citados são classificados e utilizados de acordo com a necessidade do projeto, tendo fatores como o número de impedimentos de movimentação da estrutura, translação e rotação, conforme classificação na figura 5:



Fonte: Adaptação Borges (2023)

De acordo com o autor Hibbeler (2010), apoios de primeiro gênero, vão ocorrer um impedimento para que a estrutura se mova em apenas uma única direção, permitindo movimento nas demais, até a rotação. Alguns exemplos desses apoios são cabos, rolete e simples. Para apoios de segundo gênero, a restrição de movimento ocorre em duas direções, permitindo apenas a rotação da peça, com o acoplamento feito por pinos. Para os apoios de terceiro gênero, se tem uma restrição total da peça, impossibilitando qualquer tipo de movimento e rotação, tanto que se é denominada como apoio engastado.

Dessa forma, se pode ter um dos aspectos analisados durante a elaboração dos projetos estruturais de pontes, pois através desses apoios é que se tem a reação das forças do sistema provocando a sua estáticidade. Tendo em vista que a estática é a área da física que estuda o sistema sob ação das forças que se equilibram, fazendo um somatório das cargas e reações de apoio, logo para o projeto se busca o equilíbrio da estrutura como um todo.

3.3. CARGA

Carga é definida como aquilo que é suportado por algum corpo, como por exemplo estruturas e edificações. Ao se falar sobre carga, surge a ideia de que está sendo submetida em algum corpo, que a partir desse carregamento, se uma força aplicada em um devido eixo, sendo ele em x, y ou z, tendo uma área de contato para que haja a transferência das forças atuantes. De acordo com o autor Carvalho (2023) um corpo está sujeito a ser submetido a vários tipos de cargas externas, podendo ser classificado como uma força de superfície ou de corpo. As superficiais são causadas pelo contato direto com a superfície, se concentrando em um único ponto ou distribuída por toda área.

Com relação a outro ponto importante, principalmente quando se trata de pontes, que é o tema deste trabalho, a forma como as cargas são aplicadas influencia diretamente no funcionamento da estrutura uma vez que se trata de um corpo que deve ser estático e estar em equilíbrio, tendo como princípio de que as forças atuantes devem apresentar somatório entre elas igual a zero, ou seja, devem se anular entre si como demonstra as equações 3.3.1, 3.3.2 e 3.3.3.

$$\Sigma F_x = 0 \quad (3.3.1)$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad (3.3.2)$$

$$\Sigma M = 0 \quad (3.3.3)$$

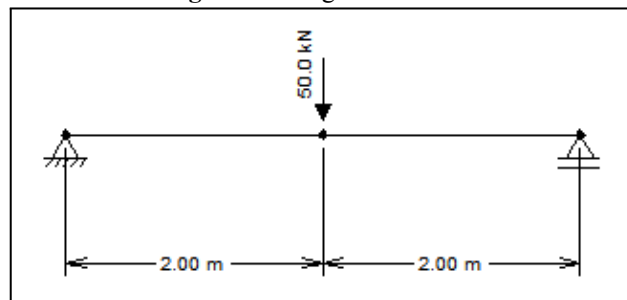
Nas equações apresentadas, demonstram como funciona o sistema de equilíbrio para corpos bidimensionais, em que se considera o sistema de eixo x e y, em que se determina as forças atuantes em cada um por meio das equações 3.3.1 e 3.3.2, tendo o momento como representado na equação 3.3.3.

As cargas estão presentes nas estruturas de diversas formas atuantes e em diversos pontos, podendo variar de acordo com o elemento que suportará o esforço. No momento em que se é aplicado o primeiro carregamento, as forças começam a se distribuir por toda a

estrutura, até chegar nos apoios

De modo amplo, se pode falar que existem cargas concentradas, na qual estão presentes em um único ponto da peça, como demonstrado na figura 6, na qual vão se concentrar em algum ponto aleatório da peça.

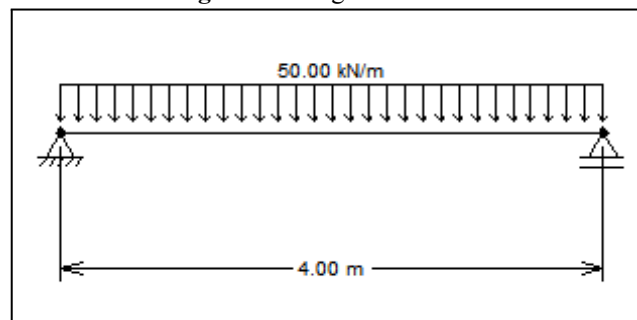
Figura 6 - Carga concentrada



Fonte: Acervo Pessoal (2023)

Outro tipo de carga que se pode atuar em estruturas e elementos, são as distribuídas, que vão atuar em toda a estrutura, distribuindo todo carregamento durante todo segmento da estrutura como demonstrado na figura 7.

Figura 7 - Carga Distribuída



Fonte: Acervo Pessoal (2023)

Nas competições de pontes de palito de picolé, de macarrão e palitos de churrasco, as cargas aplicadas nos protótipos confeccionados, são cargas concentradas, aplicadas no ponto central inferior para atuarem verticalmente na estrutura, sendo uma carga externa. Como em todas as estruturas submetidas a um carregamento, no qual cada barra vai ter uma carga atuante, que varia dependendo do comprimento e inclinação e que se distribui de modo a liberar as forças atuantes até os apoios.

Cargas externas, serão forças submetidas de forma axial em uma área de contato do corpo de prova, podendo ser concentradas (Figura 6) ou distribuídas (Figura 7) em toda, segundo o autor Hibbeler (2010, p. 1) Um corpo pode ser submetido a vários tipos de cargas

externas; todavia, qualquer uma delas pode ser classificada como uma força de superfície ou uma força de corpo.

Cargas resultantes internas, também denominadas como cargas axiais, diferente do tipo de carga citado anteriormente que se pode ver como estão agindo na estrutura, as internas agem no interior do corpo de modo que gera um momento. Para Hibbeler (2010), mesmo tendo uma distribuição exata de carga interna desconhecida, pode-se usar as equações de equilíbrio como forma de relacionar as forças externas sobre o corpo que tem força e momentos resultantes de distribuição.

3.4. TENSÃO

Para o autor Dutra (2015) a tensão é definida como a ação das cargas externas atuantes sobre uma unidade de área da seção do elemento. A direção do sentido dessas forças, é o que define o tipo de tensão, que se provoca por tração ou compressão, de forma perpendicular à área da seção transversal, definidas como tensão normal. Todo corpo está sujeito a sofrer alguma força, ao se detalhar esse impulso sofrido que está subdividido em pequenas áreas do objeto, como ΔA , que está associada a uma força que apresenta uma direção única, de maneira sucinta, são tangentes e normais à área. Quando o valor destes elementos tende a zero, se obtém um quociente com disposição ao limite finito, que de acordo com o autor Hibbeler (2010, p. 14) Esse quociente é denominado tensão e, como já observamos, descreve a intensidade da força interna sobre um plano específico (área) que passa por um ponto. O estudo das tensões que atuam sobre estruturas pode variar de acordo com o modelo estrutural, ou pode-se ter presente os dois seguintes tipos: tensão normal e de cisalhamento.

De acordo com a bibliografia utilizada neste estudo, de acordo com o autor Hibbeler (2010, p. 14) A intensidade de força por unidade de área, que age de forma perpendicular a variação da área ΔA , que se define como tensão normal σ (sigma). De modo que as componentes são representadas pela equação 3.1:

$$\sigma_z = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F_z}{\Delta A} \quad (3.4.1)$$

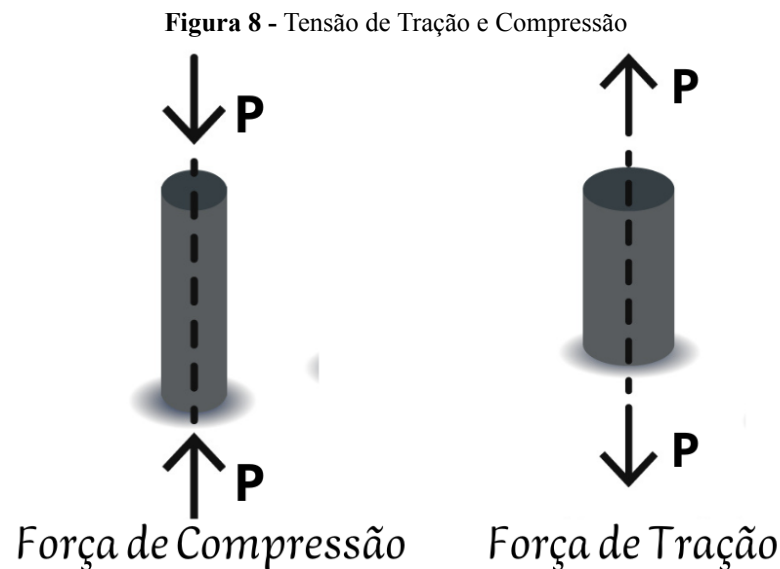
De modo geral, segundo Hibbeler (2010) A resultante de cada área de ΔA da seção transversal é submetida a um somatório de forças externas, e em que o somatório desses valores que agem em toda área da seção transversal deve ser equivalente a resultante interna

P. Logo, a tensão normal atuante em algum corpo se trata dos esforços perpendiculares à área, A (mm^2), de atuação, que depende do esforço interno, P (N). De modo análogo, a equação 3.2 representa como se obtém a tensão σ (MPa ou N/mm^2).

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (3.4.2)$$

A tensão vai depender do sentido da força, que se determina a partir da equação 3.4.2 e de acordo com o autor Dutra (2015) quando uma peça é submetida a algum tipo de esforço, sendo eles de tração ou compressão, na qual atua na área de secção transversal da peça. O que define o tipo de esforço, é o sentido, que se dirige para para o exterior, a mesma é tracionada, mas caso esteja dirigido para o interior ela é comprimida. Ao se ter uma força de tração, o elemento, é definida como tensão de tração, tendo o valor positivo, caso a tensão atuante comprima o elemento, se definida como tensão de compressão, valor negativo. Na figura 8 fica demonstrado como as cargas estão presentes e atuando.

Tensões normais executam um papel crucial na segurança, estabilidade e capacidade de carga da estrutura como um todo, o comportamento se deve ao tipo de tensão atuante, que varia de acordo como se é aplicada a carga.

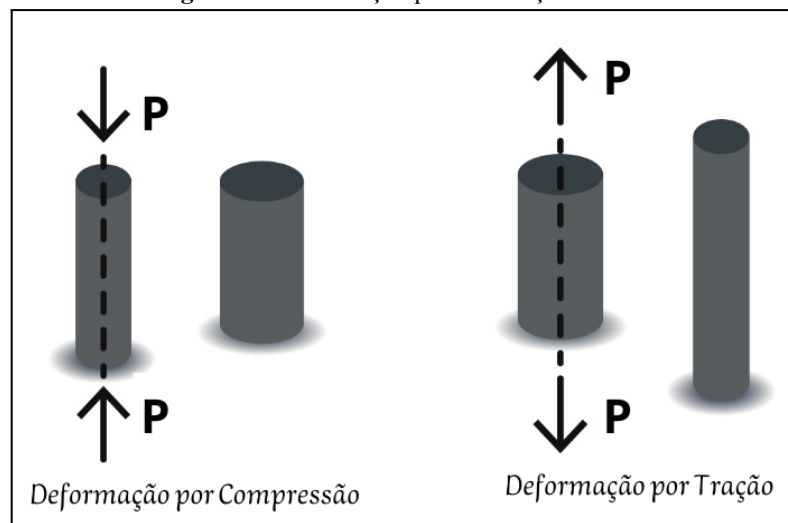


Fonte: Adaptação do Acervo da Competição de Pontes de Palito de Picolé (2023)

3.5. DEFORMAÇÃO

As cargas aplicadas no corpo de prova ou estrutura, dependem da intensidade da força e do material do elemento e do sentido de aplicação, como representado na figura 9 as deformações que ocorrem por meio de compressão e tração, o que ocasiona numa mudança em seu tamanho e forma, a qual é denominada de deformação que pode variar de ser bem visível ou até mesmo imperceptível. Segundo o autor Hibbeler (2010, p.47) a deformação de um corpo não é uniforme em todo o volume, logo, a mudança de geometria para cada segmento reta no interior do corpo, varia de acordo com o comprimento.

Figura 9 - Deformação por solicitação normal



Fonte: Adaptação do Acervo da Competição de Pontes de Palito de Picolé (2023)

A deformação pode variar de acordo com diversos fatores, tais como físicos, químicos, térmicos, dentre outros. Quando se tem uma carga aplicada ocorrer a deformação normal por compressão ou tração, demonstrado na figura 9, tendo o alongamento ou contração de um segmento de reta que é calculada pela equação 3.5.1, de acordo com o comprimento final da peça pode-se definir a mudança, utilizada na variação do comprimento, e a equação 3.5.2 demonstra o modelo matemático dessa deformação.

$$\epsilon_{méd} = \frac{\Delta S' - \Delta S}{\Delta S} \quad (3.5.1)$$

$$\gamma_m = \frac{\pi}{2} - \lim \theta' \quad (3.5.2)$$

B → A ao longo de η
C → A ao longo de t

4. METODOLOGIA

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Universidade Federal Rural do Semi-Árido - Campus de Pau dos Ferros (UFERSA-CMPF), encontra-se na VI edição da competição de pontes de palito de picolé, na qual teve como intuito expressar de forma prática os conteúdos abordados nos componentes curriculares das disciplinas de Mecânica Geral I e Resistência dos Materiais I, em especial o comportamento de forças atuantes e confecção de projetos estruturais de pontes treliçadas. Durante as competições foram abordados diversos aspectos, os quais são critérios avaliados por notas, que visam a estimativa de carga de ruptura e/ou carga máxima, que entram no critério de eficiência do projeto estrutural (razão entre a massa da estrutura e a massa de ruptura), como também critérios de inovação do modelo e design.

Durante todo o processo da competição foram ministrados minicursos de introdução a projeto, Ftool, AutoCad, Sketchup e técnicas construtivas, com a finalidade de preparar e deixar os discentes mais aptos para realizarem a construção. Em relação aos assuntos teóricos necessários, como forças, tensão e deformação, os mesmos foram abordados nos componentes curriculares em sala de aula, além de todos os parâmetros definidos por meio de um edital, tendo normas para especificações de construção, as dimensões máximas e mínimas das pontes, tanto para altura, comprimento, largura e massa total.

Uma grande parte do conceito de competição se dá também em relação aos assuntos abordados por cada disciplina, tendo em vista que os alunos das turmas de Resistência dos Materiais I estão de certa forma em vantagem, por terem estudados alguns assuntos, como por exemplo de tensão e deformação, sendo essa a diferença entre os discentes de Mecânica Geral I, dando a possibilidade de verificar como o estudo desses temas interferiram diretamente na carga de ruptura e no projeto final.

Durante a competição realizada e utilizada neste trabalho, os participantes levaram em consideração desenvolver uma análise estrutural para a elaboração dos projetos, desde carga utilizada, tensão máxima para determinar a ruptura e a deformação que ocorreria na ponte. Logo, é necessário um estudo sobre carga, tensão e deformação para melhor entendimento e determinar a eficiência dos seus projetos.

Os protótipos foram construídos a partir de projetos idealizados pelos discentes, tendo em vista que a carga de ruptura e o modelo é determinado pelas equipes. Partindo do projeto criado, a utilização dos Software é de suma importância para análise das cargas de

compressão e tração atuantes, dando a possibilidade de verificação e melhoria do protótipo ou mudança. Nas figuras 10, 11 e 12 apresentam o processo construtivo realizado durante as competições.

Figura 10 - Processo de Colagem



Fonte: Acervo da VI Competição de Pontes de Palito de Picolé (2023).

Figura 11 - Processo Construtivo



Fonte: Acervo da VI Competição de Pontes de Palito de Picolé (2023).

Figura 12 - Finalização da Confeção da Ponte



Fonte: Acervo da VI Competição de Pontes de Palito de Picolé (2023).

4.2. MÉTODO UTILIZADO NA PESQUISA

De acordo com os autores Marconi e Lakatos (2003) a pesquisa se trata de um procedimento formal, tendo como método o pensamento reflexivo, que necessita de um tratamento científico para conhecer e descobrir verdades parciais. Tendo em vista a importância de se realizar o procedimento da pesquisa e vários objetivos, resultados e respostas que se obtém

O trabalho foi realizado parte do princípio de pesquisas e estudo de caso voltado para a competição de pontes de palito de palito de picolé realizada na Universidade Federal Rural do Semi-Árido - Campus de Pau dos Ferros (UFERSA-CMPF), na qual foi realizada a análise de comportamento de alguns modelos utilizados. O presente estudo utilizou o método monográfico que de acordo com os autores Duarte, Ramalho, Autran, Paiva e Araújo (2009, p.176) o foco de um estudo de caso em profundidade, sendo considerado representativo de vários outros casos semelhantes. Partindo do pressuposto da realização de um estudo de caso, que de acordo o Autor Gil (1999), se denomina a partir de um amplo estudo de um ou poucos objetos, tendo como foco um enorme e vasto detalhamento de conhecimento obtido a partir dessa pequena quantidade de exemplos. Alguns outros autores, como por exemplo Yin (2005) e Mazzotti (2006), definem como estudo de caso uma investigação detalhada de fenômenos e acontecimentos no qual se não tem total compreensão de como e porque ocorreram.

De modo geral, esse tipo de estudo, no qual foi a metodologia utilizada, é definida quando não se tem a resposta exata de um acontecimento, como por exemplo o motivo os protótipos utilizados neste trabalho obtiveram uma carga de ruptura tão aproximada da estimada, tendo em vista que diversos fatores influenciam no rompimento, como carga aplicada, as tensões atuantes e deformações que ocorrem durante toda a estrutura na aplicação

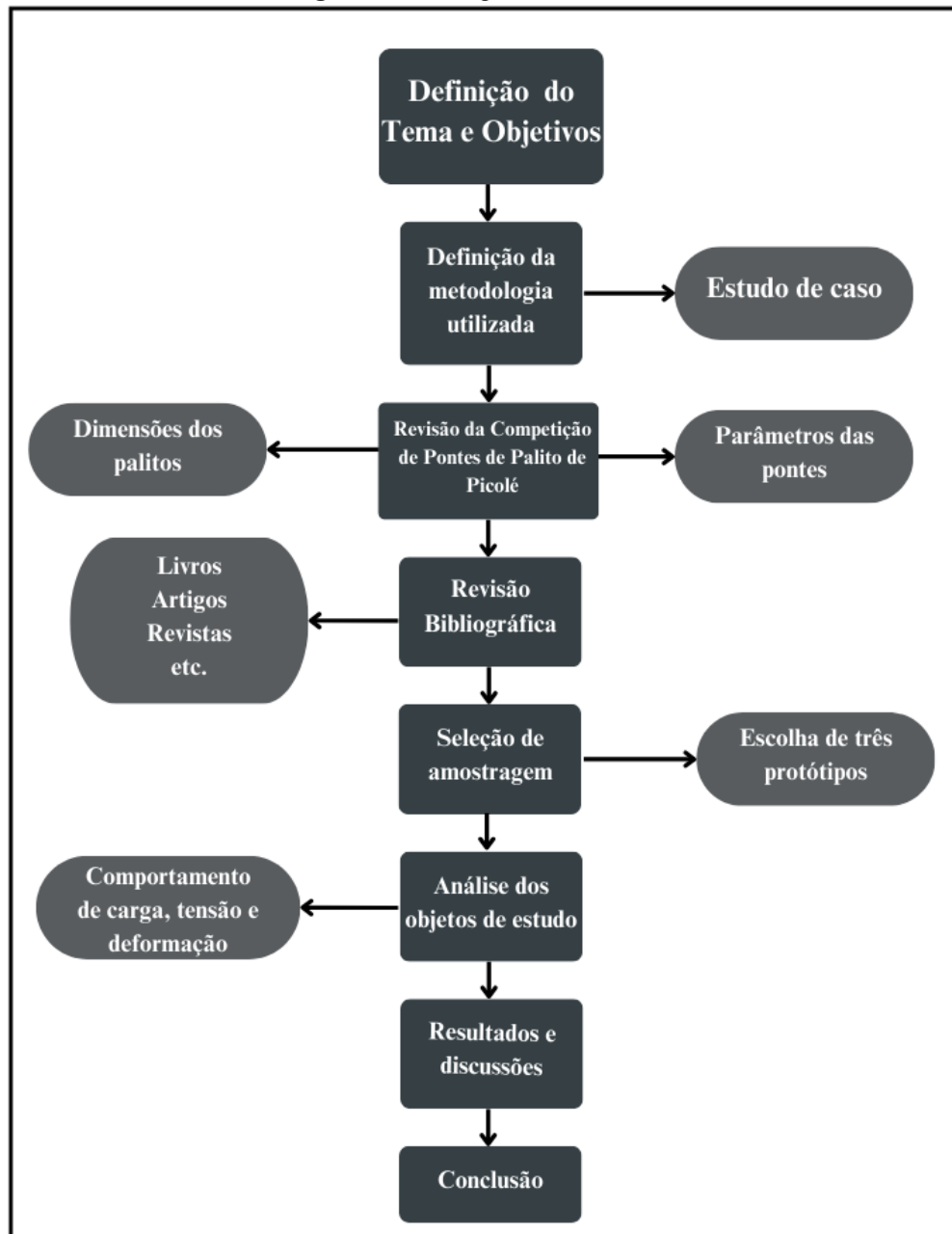
da carga. Durante todo o procedimento experimental, consultamos artigos científicos, livros e outras fontes relevantes para embasar o trabalho.

Nas competições de construção de pontes feitas com palitos de picolé, os participantes fazem uso do software Ftool para analisar as cargas que atuam no sistema e identificar os pontos que estão sujeitos a esforços de compressão e tração. Com base nesses dados obtidos, eles podem elaborar e determinar quantos palitos devem ser incluídos na seção para suportar a carga especificada. Esses valores também permitem calcular o ponto em que a estrutura enfrenta a maior carga e está mais propensa a colapsar, o que é um fator crítico na determinação da carga de ruptura da estrutura.

Logo, partindo da metodologia citada anteriormente e da utilização do Software Ftool, selecionou-se três projetos utilizados na competição, que obtiveram uma carga de ruptura aproximada da carga estimada pelos discentes e a partir disso, realizamos um estudo de caso sobre o comportamento das pontes que obtiveram uma carga de ruptura aproximado do estimado, de acordo com os resultados analisados para verificar o comportamento.

A metodologia proposta permite uma análise detalhada da ponte, considerando a capacidade das estruturas. No final deste trabalho conseguimos compreender melhor os princípios de análise estrutural com aplicação dos conceitos de forma prática, vendo assim como esses fatores influenciaram nos resultados.

Os dados coletados foram analisados para determinar o comportamento dos protótipos, desde a distribuição das forças, as tensões e deformações. Com base nos resultados das análises, foi possível determinar como tais fatores influenciaram tão positivamente para que obtivessem tais resultados, na figura 13, segue o fluxograma do procedimento realizado no presente estudo.

Figura 13 - Fluxograma do Processo

Fonte: Acervo Pessoal (2023).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. ESTUDO DE CASO

Na VI Edição da competição de pontes de palito de picolé realizada, tiveram 15 equipes concorrendo, logo obteve-se uma grande variedade de projetos construídos e diversos modelos utilizados. Ao se analisar todos 15 protótipos, pode-se notar que alguns modelos apresentaram resultados satisfatórios, em relação a carga estimada e carga de ruptura, e para realizar a análise estrutural e o comportamento dessas pontes selecionadas. Na análise feita, foi possível observar que toda estrutura sendo composta pelo mesmo tipo de material, o palito de picolé, que tem as dimensões apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Dimensões e Resistência do Palito de Picolé da VI Edição

Dados de dimensão do Palito	
Comprimento (cm)	11,9
Largura (cm)	0,8
Espessura (cm)	0,2
Resistência à Compressão (N)	48,07
Resistência à Tração (N)	882,9
Módulo de Elasticidade (MPa)	7350

Fonte: Adaptação Edital da VI Competição de Pontes com Palitos de Picolé, UFERSA (2023)

Durante a competição realizada, foram determinados parâmetros que deviam ser seguidos para a construção das pontes, no qual definida a partir do edital da competição, juntamente com as dimensões que as pontes devem ter, como demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2: Dimensões do Palito de Picolé da VI Edição

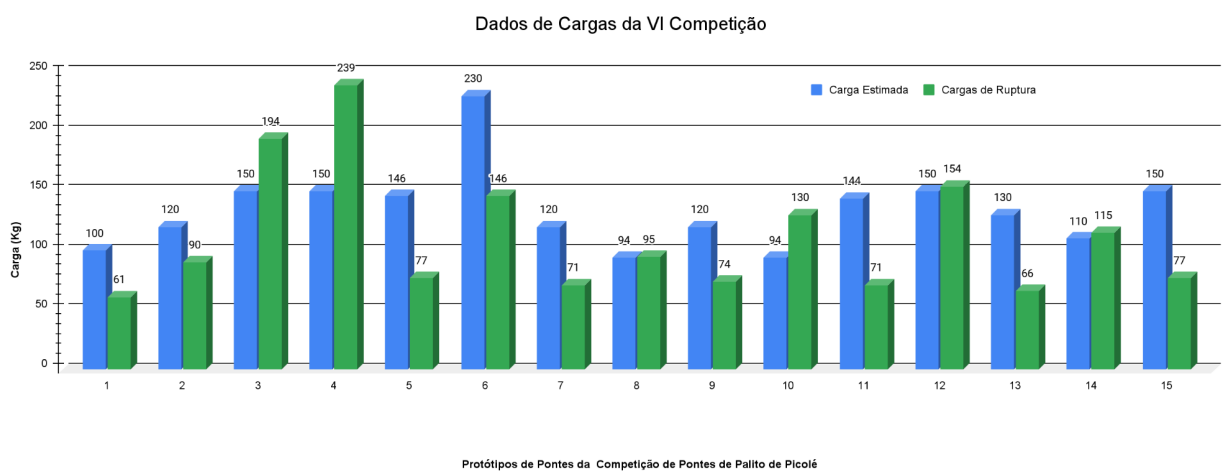
Dimensões da Ponte		
	Mínimo	MáximoAA
Altura (cm)	20	50
Comprimento (cm)	102	110
Largura (cm)	5	15

Fonte: Adaptação Edital da VI Competição de Pontes com Palitos de Picolé, UFERSA (2023)

Na realização da confecção e elaboração das pontes de palitos de picolé, os discentes utilizaram algumas ferramentas para auxiliar em todo o projeto, um exemplo foi o Software Ftool, em que utilizam para verificar as cargas, deformações e tensões. Segundo a autora Silva (2020), alguns autores defendem que no uso do Software Ftool, quando se é determinada uma

carga, a força deve ser dividida por dois, tendo em vista que no programa só se é utilizada uma das faces, além de se tratar do cálculo de treliças planas ou 2D, porém, outros a determinam que a força definida deve ser mantida no valor real. Na realização do presente estudo, as cargas analisadas não sofreram nenhuma alteração, sendo elas valores estimados pelas equipes e valor de rompimento, como se é apresentado na Tabela 3 esses resultados de cada equipe, em que os valores da cor azul no gráfico se trata da carga estimada, determinada pelos participantes, e verde a carga de ruptura obtida após a realização da competição.

Gráfico 1: Valores de Cargas das Pontes da VI Edição



Fonte: Autoria Própria (2023)

Partindo dos valores obtidos e da diferença de carga estimada e de ruptura, pode-se notar que em três protótipos o valor estimado se aproximou do valor da carga de rompimento, dando a entender que todo o procedimento da confecção, desde a elaboração do projeto, os cálculos e construção foi elaborado, no qual foram os modelos 8, 12 e 14, em que os valores variaram 1kg, 4kg e 5kg respectivamente.

Serão demonstrados os motivos pelos quais os modelos obtiveram valores de ruptura aproximados do estimado, baseando-se no entendimento dos conceitos de carga, tensão e deformação. Será conduzida uma análise minuciosa desses fatores, destacando sua influência no comportamento das estruturas durante o procedimento em questão.

5.1.1. Comportamento em relação a carga

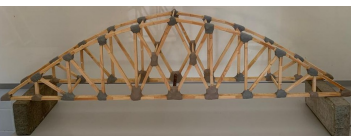
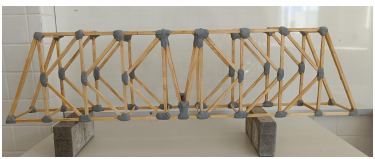
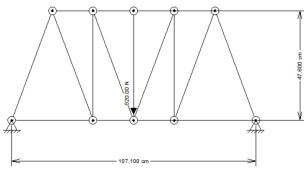
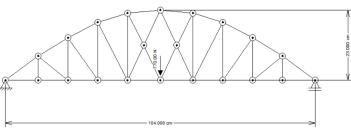
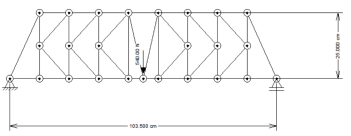
Durante as competições, os estudantes participantes responsáveis pela construção das pontes passam por uma série de procedimentos no desenvolvimento do projeto. Isso inclui

desde a definição do modelo até cálculos matemáticos fundamentais. Um aspecto crucial durante esse processo é a determinação da carga que o projeto elaborado deve suportar até que ocorra a ruptura. Esse valor é obtido de duas maneiras distintas, uma a partir da estimativa aleatória feita pelos participantes ou por meio de uma abordagem que parte do projeto elaborado para determinar a carga que ele suportará, ou seja, um procedimento inverso ao mencionado anteriormente.

A estimativa da carga, quando realizada pelos participantes, envolve a atribuição de um valor aleatório de carga por eles determinado. A partir desse ponto, um estudo é conduzido para analisar o comportamento da estrutura em relação à carga estimada, a qual varia de acordo com as dimensões, os modelos escolhidos e o ponto de aplicação da carga. O ponto de aplicação refere-se ao centro da estrutura, como é demonstrado na figura 13, e implica em uma carga concentrada externa que resulta em cargas axiais. Essas forças se distribuem por toda a estrutura, que depende do comprimento e inclinação de cada elemento de ligação dos segmentos, de acordo com o modelo escolhido.

Ao realizar a análise das pontes selecionadas para este estudo, foi possível observar um dos fatores que influenciaram nos resultados obtidos. Na tabela 3, são apresentados os modelos confeccionados pelos estudantes, os quais foram adaptados para acomodação e fabricação durante o processo de construção.

Tabela 3: Pontes Utilizadas no Estudo

	Ponte 8	Ponte 12	Ponte 14
Estilo	Parker or Camel-back	Arco	Treliça em K
Modelo Real			
Modelo Ftool			

Fonte: Adaptação do Acervo da VI Competição de Pontes de Palito de Picolé (2023).

As três pontes apresentam diferentes modelos nos quais foram inspirados para serem feitas, como pontes do tipo Pratt, a qual foi confeccionada e demonstrada no 8, a ponte do 12 “Parker or Camel-back”, que teve uma adaptação principalmente no centro da estrutura, de forma para o projeto se adequar ao local onde se é submetido a carga e por fim, uma adaptação do modelo Treliça K, na ponte 14. Com tudo é possível observar que mesmo com diferentes formas, a faixa de variação de carregamento suportado foi aproximado do estimado por cada equipe, mas diferente em relação a cada modelo. Na tabela 4, são apresentados os valores de cargas aplicadas em cada protótipo.

Tabela 4: Cargas Estimadas e de Ruptura dos protótipos

	Carga estimada (Kg)	Carga de Ruptura (Kg)
Modelo 8	94	95
Modelo 12	150	154
Modelo 14	110	115

Fonte: Adaptação Edital da VI Competição de Pontes com Palitos de Picolé, UFERSA (2023)

Na tabela 4, demonstra os valores de ruptura das pontes, demonstrando que cada uma obteve diferentes valores entre si. A ponte do modelo 8 foi estimada para romper com um carregamento de 94kg, tendo em vista os diversos fatores para determinação dos valores, como o modelo determinado que interfere devido às dimensões de altura, principalmente ao comprimento longitudinal, sendo um dos fatores primordiais para romper com a carga de 95kg, se comparada com as demais pontes que são menos e obtiveram valor maior de ruptura.

O modelo 12, como demonstrado na tabela 3, se trata de um modelo em arco, que de acordo com os autores Debs e Takeya (2007), a ponte em arco é um modelo estrutural que apresenta possibilidade de ter os esforços de flexão reduzidos em relação a função da sua forma, possibilitando um suporte maior a altas cargas. É notório, já que dentre os três modelos selecionados, o em arco obteve a maior carga, como se apresenta na tabela 4. A ponte do modelo 14, que se trata de uma treliça em K, obteve um comportamento estático até o momento de sua ruptura, chegando a um valor intermediário.

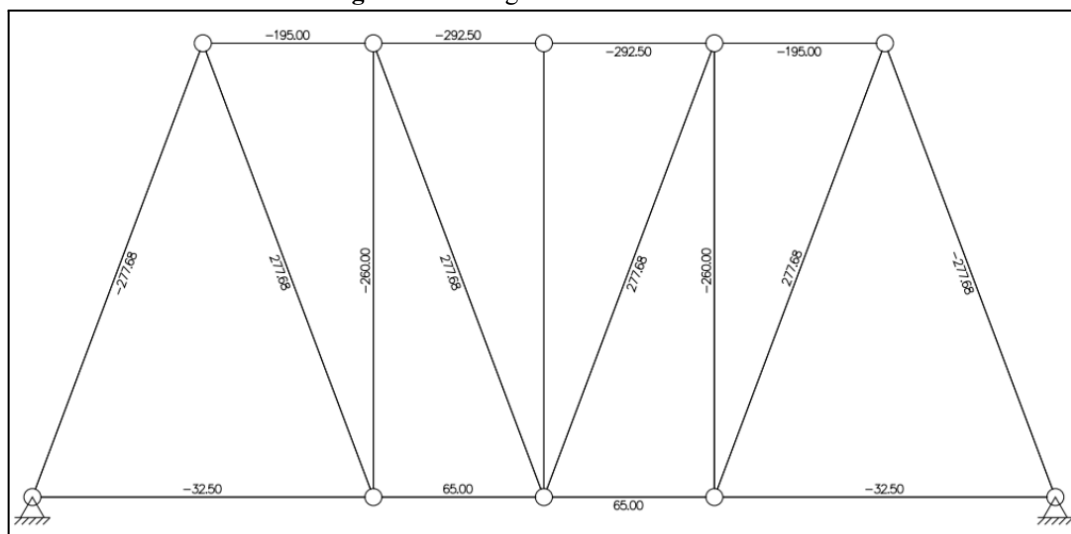
O ponto em comum entre todos os modelos analisados, é como se comportaram com o carregamento que foi colocado, se mantendo de forma estática e seguindo os princípios da estática. Elas se obtiveram estáticas até próximos os valores estimados, que demonstra um fato desse acontecimento foi por meio das técnicas construtivas realizadas e os cálculos realizados.

5.1.2. Comportamento em relação a tensão normal

A tensão, tende a se comportar como uma forma de esforço submetida ao elemento no devido trecho, em que a depender da área da seção transversal e do material utilizado que por sua vez apresenta uma resistência aos valores de tração e compressão, como apresentado na tabela 1. Os discentes determinam esse valor de ruptura a partir do trecho que sofre o maior esforço, e a partir desse ponto eles determinam a área da seção necessária para suportar o esforço, uma vez que como se tem o maior carregamento tende a romper primeiro nesse elemento.

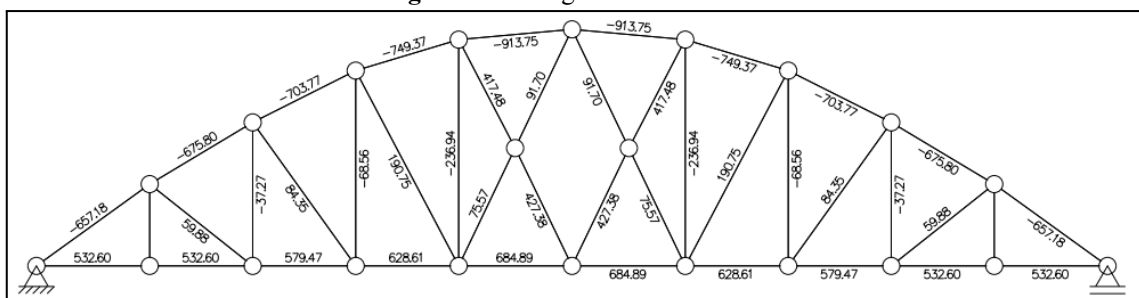
Ao analisar os modelos selecionados para este estudo, a utilização do software Ftool assume uma importância primordial. As imagens 14, 15 e 16 apresentam os projetos elaborados pelos competidores, juntamente com os valores das cargas axiais que atuam sobre eles. Ao avaliar as tensões presentes nos dados, os competidores podem conduzir um estudo focalizado no ponto de máxima de tensão máxima de compressão ou tração.

Figura 14 - Cargas Axiais do Modelo 8



Fonte: Acervo da VI Competição de Pontes de Palito de Picolé (2023).

Figura 15 - Cargas Axiais do Modelo 12



Fonte: Acervo da VI Competição de Pontes de Palito de Picolé (2023).

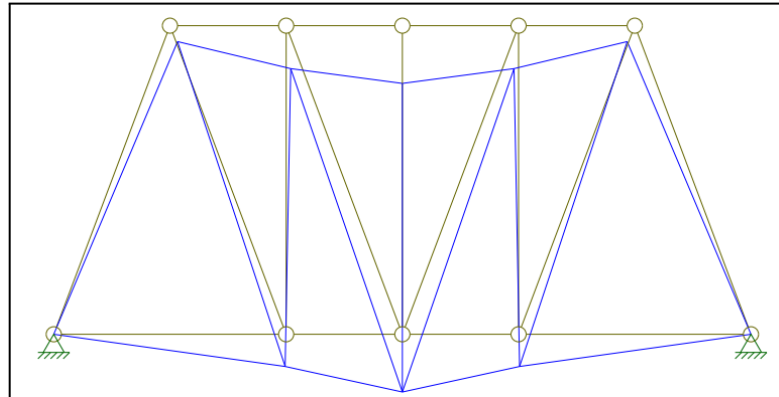
A deformação observada na montagem do sistema experimental é um fenômeno complexo que pode ser atribuído a vários fatores intrincados. Dentre esses fatores, destacam-se a quantidade de cola aplicada na junção dos palitos e o espaçamento entre eles, que exerceram papéis significativos na resposta estrutural do sistema.

O fator mais primordial que influenciou nos resultados obtidos com as análises feitas foram a partir das técnicas construtivas utilizadas por cada equipe e dimensionamento. Primeiramente, a quantidade de cola empregada desempenhou um papel fundamental na maleabilidade dos palitos. É sabido que a cola age como um agente de ligação entre os elementos da estrutura. Uma quantidade excessiva de cola pode tornar os palitos mais maleáveis, permitindo que eles se deformam mais facilmente sob a aplicação de carga, segundo Quimicolla (2022) A madeira deve ter uma umidade entre 7% e 10% para uma boa colagem. Se a madeira estiver muito úmida, a cola levará mais tempo para secar, e se estiver muito seca, a madeira absorverá a umidade da cola, prejudicando a fixação. Isso pode levar ao descolamento e enfraquecimento das juntas, causando rachaduras e deformações. Este comportamento ocorre devido à maior capacidade de movimentação relativa entre os palitos, uma vez que a cola age como um elemento que reduz a rigidez da junção. Portanto, a influência da quantidade de cola na deformação é direta e substancial.

Além disso, o espaçamento entre os palitos demonstrou ser outro fator crucial na resposta estrutural do sistema. A introdução de um espaço entre os palitos resultou em um efeito interessante quando a carga foi aplicada. Os palitos, ao sofrerem a ação da carga, tendem a buscar o contato entre si, para realizar a transposição das forças atuantes. Esse comportamento foi decorrente da necessidade natural de redistribuição das forças no sistema. O contato entre os palitos, que antes estavam espaçados, levou a uma deformação na estrutura, onde a magnitude dessa deformação variou de forma significativa dependendo do tamanho do espaçamento. Nos protótipos estudados, essa deformação variou de mínima até a completa ruptura da estrutura.

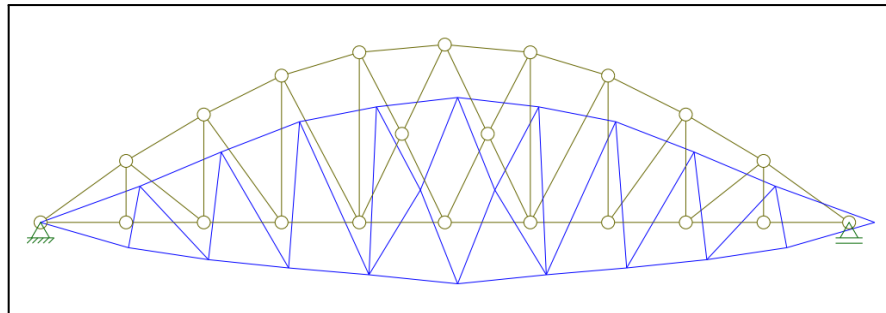
Com o uso do Software Ftool, é possível realizar uma análise prévia do comportamento de como as deformações vão ocorrer na estrutura, dando uma imagem prévia da mesma, quando submetida a um carregamento, nas figuras 17, 18 e 19, vemos como as pontes escolhidas para esse estudo se comportam durante a deformação e demonstram quais trechos vão se comprimir ou tracionar, possibilitando uma análise da deformação. Essa imagem antecipada possibilita com que as deformações sejam evitadas até um curto prazo durante o rompimento, que é feito na construção da ponte, em que as equipes reforçam tais pontos.

Figura 17 - Modelo 8 Deformada pelo Software Ftool



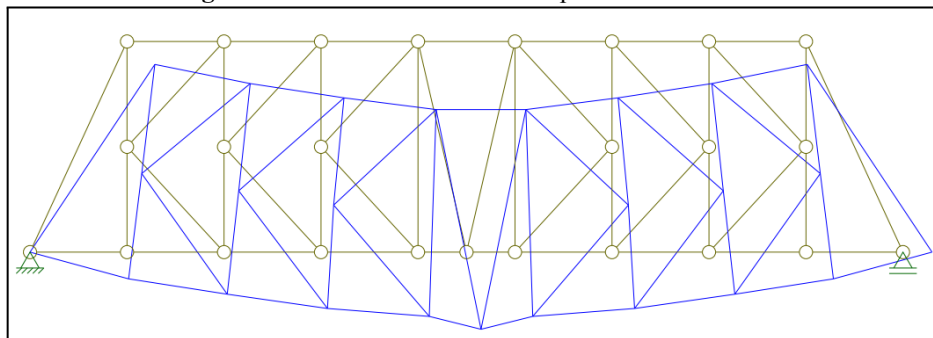
Fonte: Acervo da VI Competição de Pontes de Palito de Picolé (2023)

Figura 18 - Modelo 12 Deformada pelo Software Ftool



Fonte: Acervo da VI Competição de Pontes de Palito de Picolé (2023)

Figura 19 - Modelo 14 Deformada pelo Software Ftool



Fonte: Acervo da VI Competição de Pontes de Palito de Picolé (2023).

6. CONCLUSÃO

Nesse estudo, foram abordados alguns conceitos fundamentais e relevantes para a área de elaboração de projetos estruturais, em especial para pontes de palitos de picolé, utilizadas em competições do âmbito acadêmico. Inúmeros fatores exercem influência sobre o desempenho dessas pequenas construções, desde o local de aplicação da carga, as tensões atuantes e deformações que ocorrem, afetando como num todo o comportamento.

O estudo de caso foi conduzido a partir de uma análise de três amostragens obtidas na competição de pontes de palito de picolé realizada na Universidade Federal Rural do Semi Árido, Campus de Pau dos Ferros - RN, e tendo como base o software Ftool para obtenção dos valores de tensões e deformações atuantes. O ponto para escolha dos protótipos, e que instigou esse estudo, foram os fatos das cargas estimadas pelos discentes que foram próximos pelo valor de ruptura dos protótipos.

Com a realização do estudo de caso e as análises realizadas nos protótipos, as cargas atuantes influenciam no comportamento de modo a estabilizar a estrutura com a distribuição dos esforços, por meio do princípio da estática, até o momento em que ocorre a ruptura quando se atinge a carga máxima suportada pelo mesmo. As tensões atuantes tendem a determinar o modo como os elementos estruturais se comportam nas aplicações do carregamento, em que se determina o ponto que está sofrendo mais esforço e a partir do mesmo define o ponto de provável ruptura da estrutura. As deformações normais ocorrem devido às tensões atuantes, em que podem ocorrer deformações devido a compressão, em que irá comprimir, ou de tração que irá alongar, o material.

Quando se verifica a parte prática realizada para a construção dos protótipos, as técnicas construtivas influenciaram diretamente nos dados, pois com os dados do Software Ftool é considerado que a estrutura é totalmente perfeita. O modo de construção influencia diretamente nos resultados, desde a quantidade de palito de picolé utilizada, o espaçamento entre eles, o tempo de secagem da cola, entre outros diversos fatores.

A pesquisa realizada neste trabalho proporcionou, de forma prática, como os fatores de cargas, tensões e deformações se comportam e influenciam nas pontes de palito de picolé, podem ser tidas como uma ferramenta para orientar futuros protótipos, de modo a serem analisados esses fatores, considerando cada passo do procedimento de elaboração e construção.

O presente trabalho também proporcionou uma ampla diversidade de pesquisas a serem realizadas, por exemplo a análise de mais outros modelos utilizados, como dos modelos que obtiveram um resultado de carga superior ou inferior ao indicado pelo o Ftool, o modo como os apoios de primeiro, segundo e terceiro gênero influenciam nas cargas obtidas.

REFERÊNCIAS

ALCANCE ENGENHARIA JR. (Curitiba). **Grandes Pontes da Engenharia Civil**. 2020. Disponível em: <https://alcancejr.com.br/grandes-pontes-da-engenharia-civil/>. Acesso em: 20 ago. 2023.

ALAN DIAS. **Tipos de tesouras em Madeira**. 2008. Disponível em: <http://estruturasdemadeira.blogspot.com/2008/04/tipos-de-tesouras-em-madeira.html?m=1>. Acesso em: 02 out. 2023.

AWA COMERCIAL (Santa Catarina). **Tipos de estruturas de pontes**. Disponível em: <https://site.awacomercial.com.br/tipos-estruturas-de-pontes/#:~:text=As%20treli%C3%A7as%20s%C3%A3o%20utilizadas%20porque,do%20peso%20e%20do%20impacto..> Acesso em: 02 out. 2023.

BENZOR SOLUÇÕES EM ENGENHARIA E TECNOLOGIA (org.). **Análise Estrutural na Engenharia Civil: seus princípios básicos**. 2023. Disponível em: <https://blog.benzor.com.br/engenharia/analise-estrutural-na-engenharia-civil-seus-principios-basicos/#:~:text=A%20an%C3%A1lise%20estrutural%20%C3%A9%20uma,estruturas%20mais%20seguras%20e%20dur%C3%A1veis..> Acesso em: 22 jun. 2023.

BORGES, Ezequiel. **Tipos de reações de apoio e condições de apoio**. Disponível em: <https://www.tudoengcivil.com.br/2019/03/reacoes-de-apoio.html>. Acesso em: 27 set. 2023.

CARVALHO, M. S. **Resistência dos materiais**. Rio de Janeiro: Expansão, 1979.

DEBS, Mounir Khalil El; TAKEYA, Toshiaki. **Introdução às pontes de concreto**. São Carlos, 2007.

DUARTE, Emeide Nóbrega; RAMALHO, Francisca Arruda; AUTRAN, Marynice Medeiros Matos; PAIVA, Eliane Bezerra; ARAÚJO, Milena Borges Simões. **Estratégias metodológicas adotadas nas pesquisas de iniciação científica premiadas na UFPB**. Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação, [S.L.], v. 14, n. 27, p. 170-190, 13 maio 2009. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Acesso em: 18 jul. 2023.

GUIA DA SEMANA. **10 pontes impressionantes pelo mundo que você precisa conhecer**. 2019. Disponível em: <https://www.guiadasemana.com.br/viagens-internacionais/galeria/pontes-impressionantes-ao-redor-do-mundo-que-voce-precisa-conhecer>. Acesso em: 09 out. 2023.

HIBBELER, Russel Charles. **Resistência dos Materiais**. 7. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010. Tradução de: Arlete Simille Marques. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br/Leitor/Publicacao/2779/pdf/0?code=3M/NSWYJYhDo8ixSyUjdXS2okS33RCy/asuXi5SjNVOAabLjKFfpkW9daUR7zDhrz5+5cHIAD+1mudsE6l4Ckw==>. Acesso em: 08 jul. 2023.

ITTI - INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TRANSPORTES E INFRAESTRUTURA (ed.). **História das pontes**. Disponível em: <https://itti.org.br/historia-das-pontes/>. Acesso em: 02 jul. 2023.

LUIZ, Márcio. **Ponte de pedra esculpida pelo tempo encanta visitantes em Alegrete, RS**. Disponível em: <https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/nossa-terra/2013/noticia/2013/12/ponte-de-pedra-esculpida-pelo-tempo-encanta-visitantes-em-alegrete-rs.html>. Acesso em: 12 set. 2023.

MARTHA, L. F. **Análise de Estruturas: Conceitos e Métodos Básicos**. 1ª ed. Campus Elsevier. 2010;

MARTHA, Luiz Fernando. **Análise de Estruturas - Conceitos e Métodos Básicos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Gen | Grupo Editorial Nacional, 2022.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas S. A., 2003. Disponível em: https://docente.ifrn.edu.br/olivianeta/disciplinas/copy_of_historia-i/historia-ii/china-e-india. Acesso em: 10 jul. 2023.

MARCHETTI, Osvaldemar. **Pontes de concreto armado**. São Paulo: E. Blücher, 2009;

PERINI, Enrico. **Projeto estrutural: O que é? E para que serve?**. 2020. Disponível em: <https://www.tetrisej.com.br/single-post/projeto-estrutural-o-que-%C3%A9-e-para-que-serve#:~:text=Qual%20sua%20import%C3%A2ncia%3F,requisitado%20para%20aprova%C3%A7%C3%B5es%20em%20prefeituras..> Acesso em: 20 jun. 2023.

QUIMICOLLA (Santa Catarina). **Como a umidade pode interferir na colagem da madeira?**. 2022. Disponível em: <https://quimicolla.com.br/blog/como-a-umidade-pode-interferir-na-colagem-da-madeira-2/>. Acesso em: 02 out. 2023.

REDAÇÃO. **Ponte viva: peruanos resgatam tradição inca de 500 anos**. 2021. Disponível em: <https://gooutside.com.br/ponte-viva-inca-peruanos-resgatam-tradicao-500-anos/>. Acesso em: 20 ago. 2023.

SILVA, Sara de Sousa. **Análise de Comportamento Estrutural de Pontes com Palitos de Picolé e Aplicabilidade em Competições no Ensino de Graduação**. 2020. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, 2020.

ARCIERI, Matheus. **Tipos de Pontes**. 2019. Disponível em: <https://canteirodeengenharia.com.br/2019/12/11/tipos-de-pontes/#:~:text=Ponte%20%C3%A9%20uma%20obra%20d,vias%20de%20tráfego, entre outros..> Acesso em: 13 jun. 2023.

DUTRA, Kaio. **Resistência dos materiais**. CEPEC (Escola técnica aprenda praticando). 2015. Disponível em: <https://engucm.files.wordpress.com/2015/08/apostila-completa-resistencia-dos-materiais-1.pdf> Acesso em: 05 out. 2023.

001.42 M55. **Metodologia para estudo de caso: livro didático** / Organizadora Ana Waley Mendonça; design instrucional Marina Cabeda Egger Moellwald, revisor Diane Dal Mago. – Palhoça: UnisulVirtual, 2014. 99 p.: il.; 28 cm.