



As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 2

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2019

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

As Engenharias frente a Sociedade, a
Economia e o Meio Ambiente 2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.ª Dr.ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E57	As engenharias frente a sociedade, a economia e o meio ambiente 2 [recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (As Engenharias Frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente; v. 2) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-430-6 DOI 10.22533/at.ed.306192506 1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Engenharia – Aspectos econômicos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Série. CDD 658.5
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

As obras As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente Volume 1, 2, 3 e 4 abordam os mais diversos assuntos sobre métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação do homem com o meio ambiente e seus recursos.

O Volume 1 está disposto em 31 capítulos, com assuntos voltados a engenharia do meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis no ambiente, além do panorama sobre novos métodos de obtenção limpa da energia.

Já o Volume 2, está organizado em 32 capítulos e apresenta uma vertente ligada ao estudo dos solos e águas, com estudos de sua melhor utilização, visando uma menor degradação do ambiente; com aplicações voltadas a construção civil de baixo impacto.

O Volume 3 apresenta estudos de materiais para aplicação eficiente e econômica em projetos, bem como o desenvolvimento de projetos mecânico e eletroeletrônicos voltados a otimização industrial e a redução de impacto ambiental, sendo organizados na forma de 28 capítulos.

No último Volume, são apresentados capítulos com temas referentes a engenharia de alimentos, e a melhoria em processos e produtos.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões em relação ao ensino nas engenharias, de maneira atual e com a aplicação das tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ESTUDOS DA ÁGUA E SEDIMENTOS NA BACIA DO RIO UBERABINHA EM UBERLÂNDIA - MG	
Maria da Graça Vasconcelos	
Luiz Alfredo Pavanin	
Erich Vectore Pavanin	
DOI 10.22533/at.ed.3061925061	
CAPÍTULO 2	13
BATIMETRIA E MEDIÇÃO DE VAZÃO NA BACIA DO RIO JI-PARANÁ - RO	
Renato Billia de Miranda	
Camila Bermond Ruezzeno	
Bruno Bernardo dos Santos	
Frederico Fabio Mauad	
DOI 10.22533/at.ed.3061925062	
CAPÍTULO 3	26
MONITORAMENTO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA PARA ENSAIO DE PROVA DE CARGA EM SOLO BASÁLTICO	
Daniel Russi	
Sandra Garcia Gabas	
Giancarlo Lastoria	
DOI 10.22533/at.ed.3061925063	
CAPÍTULO 4	37
UTILIZAÇÃO DO MÉTODO PAPEL FILTRO E CENTRÍFUGA PARA DETERMINAÇÃO DE CURVAS DE RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO E CORRELAÇÕES COM PARÂMETROS GEOTÉCNICOS	
Ana Carolina Dias Baêso	
Eduardo Souza Cândido	
Roberto Francisco de Azevedo	
Gustavo Armando dos Santos	
Tulyo Diniz Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.3061925064	
CAPÍTULO 5	51
DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS CARACTERÍSTICOS DE UM SOLO TROPICAL DA BAIXADA FLUMINENSE NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	
Fernando Benedicto Mainier	
Claudio Fernando Mahler	
Viktor Labuto Ramos	
DOI 10.22533/at.ed.3061925065	
CAPÍTULO 6	61
ELABORAÇÃO DE UMA CARTA DE UNIDADES DE TERRENO DO MUNICÍPIO DE CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM – ES	
Bruna Xavier Faitanin	
Éder Carlos Moreira	
Altair Carrasco de Souza	
Vitor Roberto Schettino	
DOI 10.22533/at.ed.3061925066	

CAPÍTULO 7	69
ESTABILIZAÇÃO DE UM SOLO SILTE ARENOSO DA FORMAÇÃO GUABIROTUBA COM CAL PARA USO EM PAVIMENTAÇÃO	
Wagner Teixeira Eclesielter Batista Moreira João Luiz Rissardi Vanessa Corrêa de Andrade Ronaldo Luis dos Santos Izzo	
DOI 10.22533/at.ed.3061925067	
CAPÍTULO 8	80
INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE CAL HIDRATADA NA RESISTÊNCIA DE SOLOS SEDIMENTARES	
Jair de Jesús Arrieta Baldovino Eclesielter Batista Moreira Ronaldo Luis Dos Santos Izzo Juliana Lundgren Rose Erico Rafael Da Silva Wagner Teixeira Felipe Perretto Roberto Pan	
DOI 10.22533/at.ed.3061925068	
CAPÍTULO 9	95
PERFILAGEM DO SUBSOLO NO MUNICÍPIO DE APUCARANA-PR COM BASE EM DADOS DE SONDAgens DE SIMPLES RECONHECIMENTO COM SPT	
Mariana Alher Fernandes Augusto Montor de Freitas Luiz	
DOI 10.22533/at.ed.3061925069	
CAPÍTULO 10	104
UTILIZAÇÃO DO PERMEÂMETRO DE TUBO NA DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE DE CAMADAS SUPERFICIAIS DE SOLOS	
Marcos Túlio Fernandes Glaucimar Lima Dutra	
DOI 10.22533/at.ed.30619250610	
CAPÍTULO 11	116
DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO EM SOLO REFORÇADO COM GEOSSINTÉTICOS	
Alessandra Lidia Mazon Maytê Pietrobelli de Souza Bianca Penteado de Almeida Tonus André Fanaya	
DOI 10.22533/at.ed.30619250611	

CAPÍTULO 12 133

AVALIAÇÃO DA ERODIBILIDADE DO SOLO DE CARACTERÍSTICA NÃO LATERÍTICA SOB O ENFOQUE GEOTÉCNICO NAS MARGENS DA TO-222 NO MUNICÍPIO DE ARAGUAÍNA - TO

Glacielle Fernandes Medeiros
Renata de Moraes Farias
Palloma Borges Soares
Ana Sofia Oliveira Japiassu
Andressa Fiuza de Souza
Igor Guimarães Matias

DOI 10.22533/at.ed.30619250612

CAPÍTULO 13 144

ADAPTAÇÃO DE METODOLOGIA DE HIERARQUIZAÇÃO DE NÍVEIS DE ATENÇÃO UTILIZADA EM MINERAÇÃO PARA TRABALHOS DE MAPEAMENTO DE RISCOS GEOTÉCNICOS EM ÁREA URBANA

Marcelo Corrêa da Silva
Daiara Luiza Guimarães

DOI 10.22533/at.ed.30619250613

CAPÍTULO 14 157

PRODUÇÃO DE CONCENTRADO ÚMIDO FOSFATADO: UMA EXPERIÊNCIA DE ESTÁGIO NA MINERAÇÃO

Matheus Henrique Borges Coutinho
Ricardo Antonio de Rezende
Cibele Tunussi
Marcos Vinicius Agapito Mendes

DOI 10.22533/at.ed.30619250614

CAPÍTULO 15 163

ESTUDO DOS DESPERDÍCIOS DE MATERIAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL E SUGESTÕES PARA A MINIMIZAÇÃO E REUTILIZAÇÃO DOS MESMOS, VISANDO A OTIMIZAÇÃO DOS CUSTOS DAS OBRAS E MENORES IMPACTOS AMBIENTAIS

Beatriz Zeurgo Fernandes
Rafael Bergjohann
Luiz Carlos de Campos

DOI 10.22533/at.ed.30619250615

CAPÍTULO 16 176

USO DA CINZA DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO SUBSTITUTO PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND

Kenyson Diony Souza Silva
Raduan Krause Lopes
Fabiano Medeiros Da Costa

DOI 10.22533/at.ed.30619250616

CAPÍTULO 17 192

ESTUDOS PRELIMINARES DA APLICAÇÃO DE RESÍDUO DE MINÉRIO DE COBRE SULFETADO NA ELABORAÇÃO DE ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO E REVESTIMENTO

Julia Alves Rodrigues
Dilson Nazareno Pereira Cardoso
Abel Jorge Rodrigues Ferreira
Edinaldo José de Sousa Cunha
Bruno Marques Viegas
Edilson Marques Magalhães
José Antônio da Silva Souza

DOI 10.22533/at.ed.30619250617

CAPÍTULO 18 200

AValiação DO COMPORTAMENTO DE COMPOSIÇÕES A BASE DE CIMENTO DE ALUMINATO DE CÁLCIO FRENTE AOS MICRORGANISMOS STAPHYLOCOCCUS AUREUS E ESCHERICHIA COLI

Renata Martins Parrreira
Talita Luana de Andrade
Newton Soares da Silva
Cristina Pacheco Soares
Victor Carlos Pandolfelli
Ivone Regina de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.30619250618

CAPÍTULO 19 209

UMA TÉCNICA, BASEADA EM PROJETO DE EXPERIMENTOS, PARA OTIMIZAÇÃO DA DOSAGEM DE ARGAMASSA MISTA DE CIMENTO, CAL E AREIA

André Rodrigues Monticeli
Paulo César Mappa
Aellington Freire de Araújo
Emerson Ricky Pinheiro
Karoline Santos da Silva

DOI 10.22533/at.ed.30619250619

CAPÍTULO 20 221

REDUÇÃO DO CONSUMO DE AÇO EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO SUBMETIDAS AO ESFORÇO CORTANTE ATRAVÉS DA ESCOLHA DO ÂNGULO DAS BIELAS

Lucas Teotônio de Souza
Paula de Oliveira Ribeiro

DOI 10.22533/at.ed.30619250620

CAPÍTULO 21 232

ANÁLISE DE CRONOGRAMA FÍSICO x CRONOGRAMA REALIZADO NA OBRA DO FÓRUM DE RIO NEGRO/PR PARA FINS DE DIMINUIÇÃO DOS ATRASOS

Nathalia Loureiro de Almeida Correa

DOI 10.22533/at.ed.30619250621

CAPÍTULO 22 250

ANÁLISE DA IMPORTÂNCIA DO CORRETO DIMENSIONAMENTO DOS VERTEDORES EM BARRAGENS E SUAS INFLUÊNCIAS ECOLÓGICAS E SOCIOECONÔMICAS. ESTUDO DE CASO: USINA HIDRELÉTRICA DE XINGÓ

Jéssica Beatriz Dantas
Djair Félix da Silva

DOI 10.22533/at.ed.30619250622

CAPÍTULO 23	262
ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE PAVIMENTO PERMEÁVEL EM UMA ÁREA DA CIDADE DE JOINVILLE/SC	
Adilon Marques dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.30619250623	
CAPÍTULO 24	281
ANÁLISE NUMÉRICA DA SENSIBILIDADE DO ALGORITMO IMPLEX APLICADO EM UM CENÁRIO HIPOTÉTICO DE ESTABILIDADE DE TALUDE VIA TÉCNICA DE DESCONTINUIDADES FORTES	
Nayara Torres Belfort	
Ana Itamara Paz de Araujo	
Kátia Torres Botelho Galindo	
Igor Fernandes Gomes	
Leonardo José do Nascimento Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.30619250624	
CAPÍTULO 25	294
DIMENSIONAMENTO DE LAJES MACIÇAS POR MEIO DE CÁLCULO MANUAL E COM O AUXÍLIO DE UM SOFTWARE COMPUTACIONAL	
Iva Emanuely Pereira Lima	
Vitor Bruno Santos Pereira	
Vinicius Costa Correia	
DOI 10.22533/at.ed.30619250625	
CAPÍTULO 26	306
DIMENSIONAMENTO OTIMIZADO DE PILARES MISTOS PREENCHIDOS DE AÇO E CONCRETO	
Jéssica Salomão Lourenção	
Élcio Cassimiro Alves	
DOI 10.22533/at.ed.30619250626	
CAPÍTULO 27	325
ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS: MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	
João Augusto Dunck Dalosto	
Luiz Fernando Hencke	
Jhonatan Conceição dos Santos	
Hevrlí da Silva Carneiro Pilatti	
DOI 10.22533/at.ed.30619250627	
CAPÍTULO 28	336
APLICAÇÃO DO CPR EM SOLOS MOLES NA REGIÃO DO CAMPO DOS PERDIZES: DUPLICAÇÃO DA BR 135, ENTRE O KM 39,36 E O KM 39,90	
Rodrigo Nascimento Barros	
Larysse Lohana Leal Nunes	
Saymo Wendel de Jesus Peixoto Viana	
DOI 10.22533/at.ed.30619250628	
CAPÍTULO 29	348
ANÁLISE DA QUALIDADE DO AR INTERNO DE UMA TERAPIA INTENSIVA	
Sylvia Katherine de Medeiros Moura	
Antonio Calmon de Araújo Marinho	
Wagner Amadeus Galvão de Souza	
Angelo Roncalli Oliveira Guerra	
DOI 10.22533/at.ed.30619250629	

CAPÍTULO 30	357
'ARTENGENHARIA': UMA PONTE TRANSDISCIPLINAR PARA O DESENVOLVIMENTO DO POTENCIAL HUMANO E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA A GESTÃO DO CONHECIMENTO	
Ana Alice Trubbianelli	
DOI 10.22533/at.ed.30619250630	
CAPÍTULO 31	371
PROCEDIMENTO DE ANÁLISE EXPERIMENTAL E NÚMÉRICO DE UMA PONTE EXECUTADA COM PALITOS DE PICOLÉ	
Matheus Henrique Morato de Moraes	
João Eduardo Sousa de Freitas	
Diogo Henrique Morato de Moraes	
Juarez Francisco Freire Junior	
Wellington Andrade da Silva	
Geraldo Magela Gonçalves Filho	
DOI 10.22533/at.ed.30619250631	
CAPÍTULO 32	383
EXERGIA HÍDRICA EM SISTEMAS REDUTORES DE PRESSÃO	
Conrado Mendes Moraes	
Ângela B. D. Moura	
Eduardo D. P. Schuch	
Eduardo de M. Martins	
DOI 10.22533/at.ed.30619250632	
SOBRE O ORGANIZADOR	393

PROCEDIMENTO DE ANÁLISE EXPERIMENTAL E NÚMÉRICO DE UMA PONTE EXECUTADA COM PALITOS DE PICOLÉ

Matheus Henrique Morato de Moraes

Universidade Federal de Goiás - Regional
Catalão, Unidade Acadêmica Especial de
Engenharia
Catalão – GO

João Eduardo Sousa de Freitas

Universidade Federal de Goiás - Regional
Catalão, Unidade Acadêmica Especial de
Engenharia
Catalão – GO

Diogo Henrique Morato de Moraes

Universidade Federal de Goiás - Goiânia,
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Goiânia – GO

Juarez Francisco Freire Junior

Universidade Federal de Goiás - Regional
Catalão, Unidade Acadêmica Especial de
Engenharia
Catalão – GO

Wellington Andrade da Silva

Universidade Federal de Goiás - Regional
Catalão, Professor Unidade Acadêmica Especial
de Engenharia
Catalão – GO

Geraldo Magela Gonçalves Filho

Universidade Federal de Goiás - Regional
Catalão, Unidade Acadêmica Especial de
Engenharia
Catalão – GO

Inc, este projeto constitui de uma análise numérica de uma ponte treliçada biapoiada modelo Howe, verificando seu estresse e ruptura. O projeto foi executado com o auxílio do software Ftool® no dimensionamento. No qual o objetivo foi a verificação do processo construtivo de uma ponte em palito de picolé e aplicação desses conhecimentos na confecção do sistema 3D, bem como aplicação dos conceitos físicos e matemáticos envolvidos, a compreensão do comportamento com a aplicação do carregamento na treliça. Devido ao método utilizado para a averiguação de resultados extraídos da modelagem numérica a partir do Métodos dos Elementos Finitos (MEF), baseando-se nas relações teóricas proposta no estudo da Resistência dos Materiais. Propôs-se um modelo tridimensional para averiguação do comportamento de estresse possibilitando assim a previsão do ponto de ruptura da ponte. Propondo uma carga máxima de resistência. Finalizando com o ensaio da ponte e verificação da carga suportada de acordo com o dimensionado e análise do ponto de ruptura.

PALAVRAS-CHAVE: ANSYS. Ponte. Análise Estrutural. Métodos dos Elementos Finitos.

PROCEDURE OF ANALYSIS EXPERIMENTAL
AND NUMERICAL OF ONE BRIDGE

RESUMO: Desenvolvido no software ANSYS®.

ABSTRACT: Developed in the software ANSYS®.Inc, this project constitutes of a numerical analysis of on bridge lattice biased with Howe model, verifying your stress and your break. The design was executed with the aid of the software Ftool® in sizing. In which was the verification of the building process of the bridge and application of the knowledge of the confection of the 3D system, as well with the application of the physics concepts and mathematicians involved, the understanding of the behavior with the application of the loading loads of the lattice. Because this method used for the inquiry of the extracted results of the numerical modeling starting of the Method of Elements Finites (MEF), basing of the relations theoretical proposes in the studies of strength of materials. Proposes one model three-dimensional for the investigate of behavior of the stress making possible thus the prediction of the break point of the bridge. By proposing a maximum resistance load. Finishing with the test of bridge and checking the load supported according with the sizing and analysis of the break point.

KEYWORDS: ANSYS. Bridge. Structures Analysis. Method of Elements Finites.

1 | INTRODUÇÃO

Como afirma Souza (2008) uma ampla gama de estruturas tem como característica alta resistência do que as outras demais partes de um empreendimento. O sistema estrutural provém a capacidade de suporte e transmissão das cargas aplicadas na estrutura. Além da sua contribuição na consolidação da segurança e rigidez de uma edificação. Essa estrutura que se compõe em arranjos de elementos estruturais, que formam o sistema estrutural. De foram a fornecer suporte e executar a distribuição das reações transmitindo a fundação. Desta forma, os sistemas estruturais se constituem de materiais que não apresentam características satisfatoriamente rígidas, chamados materiais estruturais.

A principal estrutura em pregada em construções de ponte das pontes atuais, são estruturas treliçadas que foram utilizadas na armação de sustentação da ponte do projeto.

As Treliças são estruturas formadas composta de membros conectados com a finalidade de desenvolver resistência a uma certa força resultante aplicada. Esses membros são os componentes que suportarão as cargas da estrutura. Em grande parta das treliças, os membros são dispostos em triângulos interconectados, assim como representado na figura a seguir. Pela formação da sua estrutura, os componentes da treliça podem estar solicitados com forças de tração e compressão por parte da carga. Devido ao fato de as treliças apresentarem um índice elevado de resistência e um peso proporcionalmente pequeno, podem ser usadas em grandes vãos. As treliças têm sido utilizadas amplamente em pontes desde o século XIX. Atualmente a utilização das treliças abrange a execução de tetos, torres, guindastes de construção e diversas outras máquinas e estruturas assim como afirma Duplat et al. (2008).

Os projetos executivos de edifícios, independentemente de sua dimensão, têm por consequência a execução de um sistema estrutural de suporte, de acordo com demanda da criação do projeto, planejamento e execução. Desta forma, a estrutura em uma construção tem o intuito de manter a forma espacial projetada oferecendo integridade estrutural ao edifício durante sua vida útil. No período de projeto, possibilitou-se a pesquisa aprofundada de muitos e importantes sistemas estruturais, sistemas esses os quais foram encontrados nas estruturas analisadas. Tais como: treliças planas e treliças espaciais. Assim como afirma Duplat et al. (2008).

As pontes têm um papel fundamental ao longo da história do ser humano, a mesmas tem sido construídas há milhares de anos e são determinantes para o desenvolvimento de uma população. A princípio tiveram seu surgimento graças a fenômenos naturais, como chuvas e ventos fortes, que causaram a queda de troncos sobre obstáculos como rios e precipícios, auxiliando o homem a vencer vãos ainda não conquistados.

Este estudo foi objeto de conteúdo no qual representa grande avanço tecnológico de alta relevância no avanço da tecnologia tal como o desenvolvimento da região a qual o estudo foi desenvolvido, construções de pontes são feitas pela humanidade há séculos. A datar de os primórdios a necessidade de vencer dificuldades à procura de subsistência ou abrigo. As pontes iniciais surgiram de forma natural como por exemplo o tombamento de um tronco em um rio, ideia a qual foi copiada pelo Homem, dando origem a pontes com base em troncos ou pranchas assim como as feitas de pedra, até chegar ao atual estágio como o emprego de treliças metálicas e madeira.

Com o passar dos anos, o homem percebeu a dinâmica da natureza e começou a aplicar as ações dela a seu favor, para a obtenção de alimento, refúgio e conseqüentemente uma melhor condição de vida, assim deu-se início a confecção das primeiras pontes. Sem estas, a população seria obrigada a levar um tempo maior ou se arriscar para chegar a seus destinos.

Um sistema imprescindível na análise de uma ponte é o sistema estrutural, uma vez que é este que vai conferir e garantir estabilidade e segurança à mesma. Diante disso, elas podem se subdividir em vigas biapoiadas, em vigas biapoiadas com balanço, em vãos contínuos, em arco, estaiadas, suspensas e treliçadas.

2 | METODOLOGIA

O objetivo deste trabalho foi a verificação do funcionamento do processo de construção de uma ponte em palito de picolé e aplicação desses conhecimentos na confecção do sistema, bem como os conceitos físicos e matemáticos envolvidos, além da compreensão como a ponte em treliça se comporta com a atuação do carregamento aplicado em sua estrutura.

Foi adotado o sistema estrutural treliçado, uma vez que as treliças são estruturas compostas de membros conectados com a finalidade de desenvolver resistência a

certa força resultante aplicada, os membros são os componentes que suportam a carga da estrutura. Estas estão sujeitas à tração e compressão, sendo que alguns casos também há a presença de flambagem.

A construção da ponte se deu com a utilização de palitos de picolé feitos de madeira e cola de madeira. A seção transversal dos palitos utilizados é de aproximadamente 7,80 x 2,00 mm e comprimento de 120 mm. Entretanto o comprimento longitudinal adotado variou de acordo com os vãos empregados no projeto. Os palitos foram agrupados em trios com a finalidade de aumentar a seção transversal e, conseqüentemente, a resistência da mesma. O detalhe do palito pode ser observado na Figura 1.



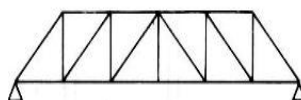
Figura 1. Detalhamento do palito utilizado

Fonte: (THEOTO, 2018)

Foram utilizados também materiais cortantes, como tesoura e alicate, para a adequação do tamanho dos palitos de acordo com as necessidades do modelo escolhido de ponte, além de pregadores de roupa para uma melhor fixação dos palitos durante o processo de colagem, e lixas para acabamentos.

Foi realizada uma seleção dos palitos devido à não uniformidade entre estes, a fim de se obter uma melhor qualidade no resultado. A partir da seleção, definiu-se um modelo para a ponte, visto a existência de pontes reais semelhantes, analisando como seria efetuada a disposição dos palitos, verificando a posição, os espaçamentos, a direção etc. Tal processo foi efetuado com o software Ftool®. Feito isso, a próxima etapa foi a definição de uma carga resistente cuja qual a ponte irá suportar, para o posterior ensaio a compressão a qual deve ser submetida.

Para construção da ponte foi escolhida o modelo de treliça Howe, o qual pode ser visualizado na Figura 2.



Treliça Howe com apoio no banzo inferior. (Diagonais comprimidas; montantes tracionados)

Figura 2. Detalhamento da Treliça Howe

Fonte: Acervo Pessoal

3 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De acordo com o exposto, a determinação da carga P deu-se por meio da consideração de valores referenciais para tração e compressão, empregados em projetos com utilização de palitos de picolé. Segundo Duplat et al. (2008)

A resistência à tração de um palito é de 90 kgf ou 882,9 N, o que é um valor médio extraído da análise de oito palitos.

Já a resistência à compressão de um palito com comprimento de cerca de 11,5 cm, 2 mm de espessura e 8,4 mm da largura, é de 4,9 kgf ou 48,07 kN, que também é um valor médio proveniente da análise da média entre aproximadamente 11 palitos, resultando em uma tensão de ruptura de 2,86 MPa. Para um arranjo de dois palitos com as mesmas dimensões descritas, obtém-se uma resistência de 27 kgf ou 264,87 N, com uma média de cinco valores, o que resulta em uma tensão de ruptura de 7,88 MPa.

Fazendo uma relação com os valores citados, determinou-se, por aproximação, os valores das tensões de tração e compressão nas barras, pois estas foram feitas com 3 palitos, o que originou uma seção transversal de aproximadamente 7,8 x 6 mm. Os valores encontrados para tração e compressão são, respectivamente, de 210,2 MPa e 11,44 MPa. Por meio da relação expressa na Equação (1), que considera um fator de segurança, é possível encontrar a carga P :

$$R \geq S \cdot \gamma \quad (1)$$

A Equação (1) descreve o critério de resistência onde S é a solicitação de cálculo, R é a resistência de cálculo, γ é o coeficiente de segurança que foi adotado como 1,5 para a ponte.

Além da análise por meio da solicitação, foi feita uma verificação de possíveis efeitos de flambagem para as barras comprimidas. Para isso, a condição considerada foi a mais crítica, ou seja, o dimensionamento foi feito com base na barra mais comprimida. Pela Figura 2, observa-se que corresponde às barras 10 – 11 e 11 – 12. Considerando as barras na condição pino, pino ($k=1$), o comprimento da flambagem é o próprio comprimento da barra. O carregamento foi determinado pela seguinte equação:

$$P_{cr} = \frac{\pi EI}{L_{ef}^2} \quad (2)$$

A Equação (2) é conhecida como Carga crítica de Euler onde P_{cr} é a carga

crítica de Euler, E é o módulo de elasticidade do material (adotado como 7350 MPa), I é a menor inércia da seção transversal ($I=bh^3/3$), L_{ef} é o comprimento efetivo de flambagem analisado (BEER, 1995).

Para a análise numérica foi utilizado o Método dos Elementos Finitos (MEF) é um método numérico que fornece a solução aproximada de um determinado modelo matemático que mostram o comportamento físico através de meio contínuos, muito popular na engenharia (WEAVER, 1984).

O meio contínuo são estruturas reais que descreve o objeto em análise, com exemplo: vigas, lajes, parafuso, chapa, fluido. E o comportamento físico tem o objetivo de prever o comportamento do meio de um modelo físico por exemplo: deformação e tensão de uma estrutura, perfil de temperatura de uma viga.

E o modelo matemático se trata de equações diferenciais ou integrais com suas condições de contorno, que descrevem o comportamento do modelo. Assim como descreve Filho (2010) na maior parte das vezes os problemas de engenharia envolvem um modelo matemático complexo. Raramente esses modelos tem equações simples de serem resolvida e não obtém-se uma resolução exata. Para contornar esta dificuldade são úteis soluções aproximadas para estes problemas; utilizados métodos numéricos a fim de se obter uma solução aproximada para estes problemas.

Em diversas áreas da engenharia e métodos numéricos mais utilizados para a resolução de equações diferenciais parciais e equações integrais muito comum nos problemas de engenharia. Permite facilmente a sua implementação em programas de computador naturalmente versáteis que podem resolver muitos casos práticos. O crescente desenvolvimento dos equipamentos e sistemas computacionais, contribui para sua divulgação e popularização, sendo um dos softwares mundialmente conhecidos.

Para a elaboração deste projeto foi feita uma análise numérica no software ANSYS 19.1.inc. Para a primeira etapa do desenho das estruturas foi utilizado o SolidWorks 2016 para a construção da peça 3D. A construção da peça pode ser vista na Figura 3.

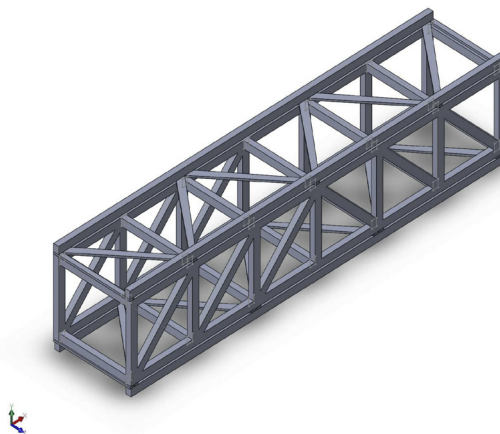


Figura 3. Detalhe objeto criado com auxílio do Solid Works 2016

Fonte: Adaptado *software* SolidWorks®

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ponte construída constitui uma estrutura treliçada, assim como descrito acima, como esquematizado a seguir:

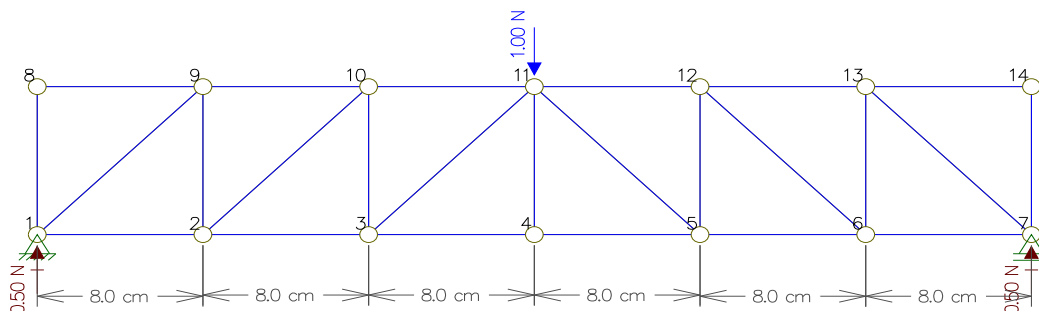


Figura 4. Treliça componente de uma parte lateral da ponte.

Fonte: Adaptado software Ftool®

Na Figura 4, obtida através do software Ftool®, estão as medidas dos vãos (espaçamentos entre os nós) da ponte, bem como sua altura e a representação de uma carga unitária para a identificação das forças normais nas barras constituintes da treliça, pois até então, a carga admissível era desconhecida. Os esforços normais, em função dessa carga hipotética, podem ser visualizados na Figura 5:

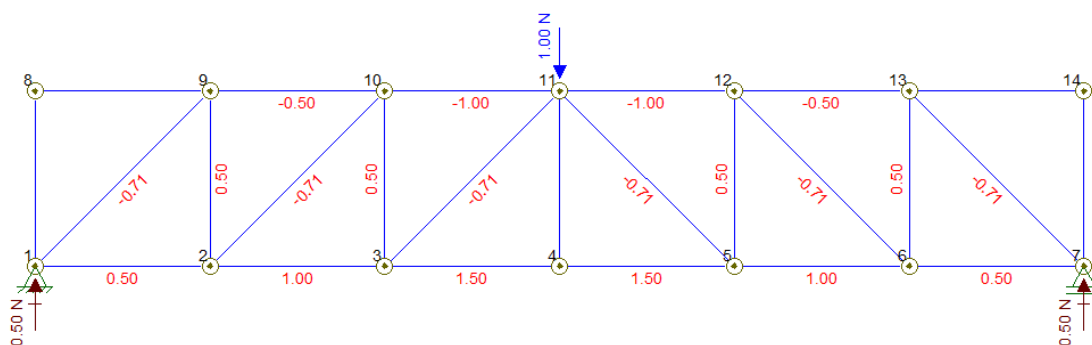


Figura 5. Disposição dos esforços normais na ponte: identificação de tração e compressão

Fonte: Adaptado software Ftool®

A Tabela 1 exprime os dados visualizados anteriormente, acrescentando os comprimentos das respectivas barras que permanecem submetidas a solicitações, de forma a substituir a carga unitária por uma variável P , para representar a carga de aplicação sobre a ponte. Pode-se observar que os montantes e os banzos superiores estão comprimidos e os banzos inferiores tracionados.

Barra	Comp.(cm)	Tração	Compressão
-------	-----------	--------	------------

1 - 2	8	0,5 P	
2 - 3	8	1 P	
3 - 4	8	1,5 P	
4 - 5	8	1,5 P	
5 - 6	8	1 P	
6 - 7	8	0,5 P	
9 - 10	8		0,5 P
10 - 11	8		1 P
11 - 12	8		1 P
12 - 13	8		0,5 P
1 - 9	11,3		0,71 P
2 - 10	11,3		0,71 P
3 - 11	11,3		0,71 P
5 - 11	11,3		0,71 P
6 - 12	11,3		0,71 P
7 - 13	11,3		0,71 P
2 - 9	8	0,5 P	
3 - 10	8	0,5 P	
4 - 11	8	0,5 P	
5 - 12	8	0,5 P	
6 - 13	8	0,5 P	

Tabela 1. Características da treliça

Fonte: Acervo Pessoal

Através da Tabela 1 e da Figura 5, nota-se que as barras verticais não estão solicitadas devido à aplicação do carregamento P, quando as barras da treliça se encontram dispostas da forma apresentada. Isso não significa, porém, que na prática tais elementos estejam livres de esforços e, sendo assim, a aplicação de carregamentos em outro ponto distinto pode alterar a configuração das cargas suportadas.

A partir da Eq.(2), obtém-se uma carga de compressão admissível equivalente a 535,39 N ou 54,57 kgf. E a tração admissível é equivalente a 6,56 KN ou 566,77 Kgf. Como a tensão de tração é bem maior que a de compressão, a ruptura ocorreu por compressão pois a resistência da estrutura a esse tipo de esforço aplicado é consideravelmente menor.

O coeficiente de 1,5 foi adotado em virtude de erros manuais nos processos de corte e colagem dos palitos, considerando imperfeições dos palitos, como diferenças nos seus respectivos comprimentos e áreas de seções transversais, bem como apresentação de aspecto mais frágil por alguns palitos, o que pode levar a uma ruptura da ponte por uma carga inferior à calculada.

Para as barras submetidas ao maior esforço de compressão, supracitadas, a carga crítica resultou em um valor de 2026,50 N ou 206,54 kgf, o que significa que a flambagem não comanda o processo de ruptura, pois a carga crítica corresponde a um valor maior ao valor encontrado pela verificação expressa pela Eq.(2), com caso da compressão.

Com isso, a carga máxima suportada pela treliça é de 535,39 N, podendo ocorrer a ruptura da estrutura. Porém, deve-se salientar que os cálculos foram realizados para apenas uma treliça constituinte da ponte e, por isso, deve-se multiplicar o valor da carga por dois, para abranger a face oposta. Assim, chega-se a uma carga de 54,57 kgf.

A ponte construída pode ser visualizada na Figura 6:



Figura 6. Treliça componente de uma parte lateral da ponte

Fonte: Acervo pessoal

Para a análise numérica no ANSYS®.Inc 19.1 foi utilizado a análise estática estrutural, e a geometria da ponte foi importada e incorporada na análise. Após a inserção da geometria, foi feita a criação da malha no método de varredura, porém, com a limitação do pacote estudantil de análise estrutural do mesmo, portanto pode-se gerar malhas com até 32 mil nós. Foi utilizada uma malha quadriculada com a quantidade de nós de 30344. O Detalhe da malha pode ser visualizada na Figura 7.

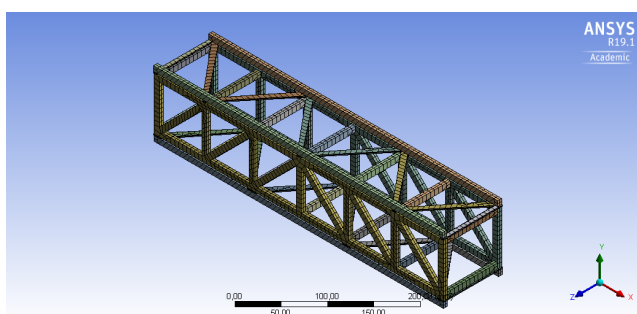


Figura 7. Detalhe da execução da malha

Fonte: Adaptado *software* ANSYS®

Em seguida, foram adicionadas as condições de contorno dos apoios, das propriedades da madeira do palito e a força estimada acima, no valor aproximado de 550 N. Com os resultados pode-se reafirmar a análise feita das áreas de tração nos banzos inferiores realizada no *software* Ftool.

Além disso podemos visualizar a compressão nos montantes, barras inclinadas e banzo superiores e pode-se observar que a estrutura tem pouca influência de flambagem e uma área de compressão no banzo superior, a qual poderá vir a ruptura. Assim como pode ser visto na Figura 8 e Figura 9.

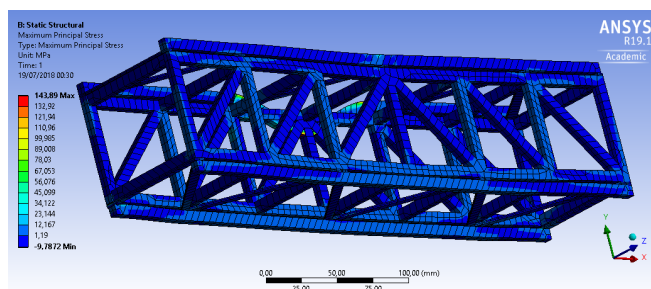


Figura 8. Análise de Tensões principais na ponte

Fonte: Adaptado *software* ANSYS®

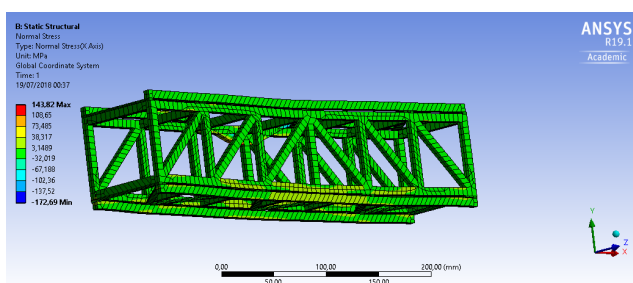


Figura 9. Análise de Tensões Normais

Fonte: Adaptado *software* ANSYS®

Para a análise acima foi feito com a carga aplicadas nos nós e não com é previsto para ser feito no laboratório e a ponte também está sem a barra de aço CA 50 (que será inserida no ensaio), devido ao fato da consideração de que a barra irá distribuir o carregamento uniformemente nos nós.

Para expandir a abrangência do trabalho será feita uma tentativa de prever o ponto de ruptura da ponte pela análise numérica realizada nos softwares prevê-se que o ponto de ruptura de será na parte tracionada nos banzos inferiores. Possivelmente área de ruptura devido às emendas coladas no banzo superior, para ser mais exato devido a simetria da ponte a ruptura ocorrerá nas barras do banzo inferior de maior tração, área que poder ser visualizada na Figura 10. Podendo ocorrer de qualquer um dos lados devido a simetria.

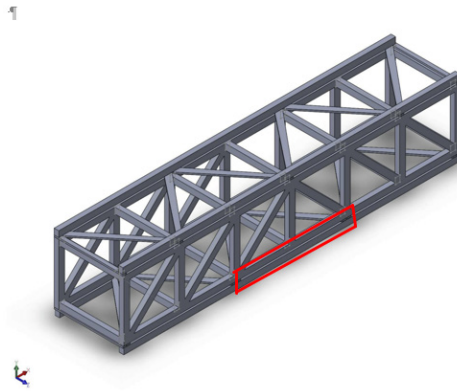


Figura 10. Área de possível ruptura
 Fonte: Adaptado *software* SolidWorks®

Finalizado as análises partiu para a parte experimental do estudo. Fazendo se o ensaio da ponte numa prensa de compressão de 30 toneladas universal. Fazendo o ensaio até levar a ponte a ruptura. Assim como mostrado na Figura 11.



Figura 11. Detalhe ruptura da ponte no ensaio de compressão
 Fonte: Acervo pessoal

A partir dos dados extraídos da prensa pode-se extrair o gráfico de Carga x Deslocamento. Assim como mostrado na Figura 12.

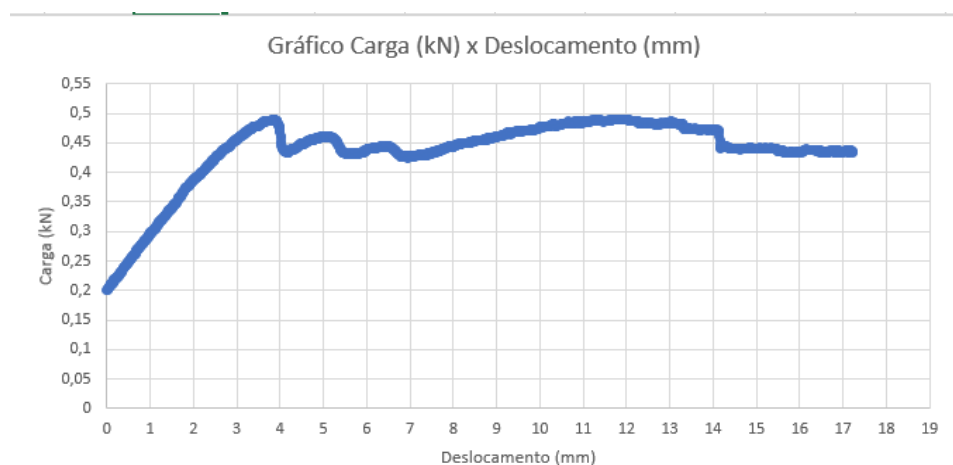


Figura 12. Gráfico Carga(kN) x Deslocamento (mm)
 Fonte: Acervo pessoal

Com o ensaio da ponte na prensa de compressão de 30 toneladas força universal verificou-se que a ruptura deu-se com uma carga de 0,421 kN. Além disso pode-se observar a efetividade do MEF usando como meio de análise do *software* ANSYS®. Inc visto que o lugar de ruptura previsto foi precisamente na base do banzo inferior e na base do montante. Também, obteve-se um resultado coerente visto que a previsão para o rompimento foi de 54,57 kgf e o valor de ruptura ensaiado de 50 kgf.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio desse trabalho, possibilitou-se a verificação do processo construtivo da ponte de palito de picolé, tal como os princípios elementares da física e matemática abordados.

A criação de um protótipo apesar de aparentar ser um processo simples, contribui para uma gama de conhecimentos, visto que tem-se a necessidade de uma pesquisa das características dos materiais, tal como a análise dos benefícios e malefícios de diferentes geometrias utilizada. Nesse mesmo estudo é executado um projeto palpável, de tal maneira que solidifica tópicos pertinentes que confrontam com confrontados com questões da área econômica, isto é, a necessidade de criar uma ponte duradoura, a qual contemple todas às demandas regionais aliado a um baixo custo.

Contribuiu também para a expansão de análise tanto no *software* Ftool® e ANSYS®. Inc possibilitando fazer a comparação dos dados obtidos nas duas conferindo os dados.

REFERÊNCIAS

ANSYS® Structural Analysis, Release 15.0, Help System. **Mechanical APDL Structural Analysis Guide**. ANSYS, Inc., Canonsburg, PA. 2013, p. 522.

BEER, F. P.; JOHNSTON, E. R. **Resistência dos Materiais**. Ed. Pearson Makron Books, 3ª ed., São Paulo, SP, 1995, 1255 p.

DUPLAT, Daniel Nascimento *et al.*. **Estudo de Ponte do Tipo Warren Modificada Utilizando Palitos de Picolé**. São Paulo: Unicamp: Faculdade de Engenharia Mecânica, 2008. Disponível em: <http://www.fem.unicamp.br/~assump/Projetos/2008/Proj_Ponte_Palitos.pdf>. Acesso em: 08 set. 2018.

SOUZA, M. F. S. M. , RODRIGUES, R. B. . **Sistemas estruturais de edificações e exemplos**. São Paulo: Unicamp: Faculdade de Engenharia Civil, 2008. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~nilson/apostilas/sistemas_estruturais_grad.pdf>. Acesso em: 08 set. 2018

THEOTO. **Theoto Produtos especificações técnicas Palitos de Picolé**. 2018. Disponível em: <<http://theoto.ind.br/palito-de-picole/>>. Acesso em: 04 set. 2018.

WEAVER, W. J.; JOHNSTON, P. R. **Finite Elements for Structural Analysis**. Ed. Prentice Hall Inc., New Jersey, 1984, 403 p.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-430-6



9 788572 474306