

Execução do projeto da construção de uma ponte de palitos de picolés utilizando o gerenciamento de projeto e o guia PMBOK

SILVA, Rudson Lourival Oliveira da¹ rudsonlourival@bol.com.br

SERAFINI, Priscila de Oliveira² priscila.diorges@gmail.com

CARNEIRO, Deborah Deah³ prof.deborahdeah@gmail.com

RESUMO

O objetivo deste artigo é mostrar a aplicação do gerenciamento de projetos na construção de uma ponte de palito de picolé usando o guia PMBOK. Esse projeto foi desenvolvido para que, através de uma competição de teste de carga em pontes de palito de picolé, no Centro Universitário Estácio da Amazônia, fosse possível evidenciar e mensurar como um projeto se inicia, quais as etapas a serem seguidas, como essas etapas devem ser desenvolvidas corretamente e quais os caminhos corretos a serem seguidos para que, não só esse, mas, qualquer tipo de projeto chegue ao fim com sucesso. O protótipo foi desenvolvido baseado em um edital previamente lançado, com as diretrizes a serem seguidas. Durante o plano de projeto, foi escolhido o modelo da ponte, estimado a quantidade de material e o tempo de construção. Após isso, o plano foi colocado em prática, o teste de carga foi executado e, ao fim, foram identificados erros e acertos na elaboração e execução do projeto. Este artigo está dividido de modo que seja mostrado o referencial teórico e metodologia utilizada, bem como a análise de dados. Ao final, encontra-se a conclusão, explorando os erros e acertos e aprendizado para trabalhos futuros.

Palavras-chave: Ponte de palitos de picolé, Gerenciamento de projetos, PMBOK, Estácio da Amazônia.

Execution of the construction of a bridge of popsicles using project management and the PMBOK guide

ABSTRACT

The purpose of this paper is to show the application of project management in the construction of a popsicle stick bridge using the PMBOK guide. This project was developed so that, through a competition of load test on popsicle stick bridges at Estácio da Amazônia University Center, was possible highlight and measure how a project starts, what steps to follow, how these steps should be developed correctly and which are the correct paths to be followed so that not only this, but, any type of project will come to an end with success. The prototype was developed based on a previously published edict, with the guidelines to be followed. During the design plan, the bridge model was chosen, estimating the amount of material and the construction time. After this, the plan was put into practice, the load test was executed and, at the end, errors and hits were identified in the elaboration and execution of the project. This article is divided in order to show the theoretical reference and methodology used, as well as the data analysis. At the end, is found the conclusion, exploring the mistakes and hits and learning for future works.

Keywords: Project management, PMBOK, bridge, popsicle sticks, Estácio da Amazônia.

1. INTRODUÇÃO

O guia *Project Management Body of Knowledge (PMBOK)* é um manual elaborado pela renomada instituição *Project Management Institute (PMI)* e considerado a “bíblia” na área de gestão de projetos. Segundo o PMBOK “Projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado único e exclusivo”. (DINSMORE, 2009).

Para que o projeto seja bem executado, o mesmo deve conter um plano bem elaborado, e deve conter três fases essenciais: planejamento, execução e controle. Para essas três fases, o gerente de projeto deve ter um conhecimento aguçado, assim como sua equipe, do projeto e das técnicas que serão usadas nesse empreendimento, das restrições de qualidade, de tempo e de

custo que afetam ou que possam afetar a realização do projeto. A equipe deve ter ciência que, todos os esforços que serão empreendidos no projeto, devem conter a mesma essência, ou seja, ter êxito na execução do projeto levando em conta o que foi posto no plano inicial. Podemos observar essas fases na Estrutura Analítica do Projeto (EAP) (MOURA,2006).

As pontes de palito de picolé são uma forma de testarmos modelos, formas, técnicas e a melhor escolha de projeto para que a ponte suporte uma carga previamente definida. Essas pontes, levadas as proporções, é a maneira mais próxima à que um aluno do curso de engenharia civil pode chegar a realidade do mercado do mesmo ramo, pois, para o projeto da ponte de palito, deveremos estudar, de maneira similar, as técnicas, cálculos de um projeto real de uma ponte treliçada em aço ou madeira. É levado em conta, os parâmetros reais dos palitos, suas dimensões e capacidades de absorção de carga e com isso possamos desenvolver e escolher um melhor projeto e com isso, sustentar ou superar a carga pré-definida.

Esse artigo tem como objetivo mostrar como a gestão de projetos pode ser aplicada num projeto da construção de uma ponte de treliças utilizando palitos de picolé como parte da avaliação da disciplina Bases de Gestão para Engenharia do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Estácio da Amazônia.

Na metodologia será abordado como foi feito o projeto físico da ponte e a estimativa da quantidade de palitos utilizados, a construção da ponte utilizando as diretrizes do guia PMBOK bem como o teste de carga que pôs a prova todo o desenvolvimento do projeto. Como segunda etapa, a análise e discussão de dados serão apresentadas, confrontando os dados obtidos e os dados do projeto, com o intuito de pôr à prova a gestão de projetos através do guia PMBOK. Ao final, a conclusão do trabalho nos dará a real relação entre a metodologia e a discussão de dados.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Project Management Body of Knowledge (PMBOK)

O PMBOK é um guia que revolucionou o tema gestão de projetos, pois, é dele que é baseado todos os planos de novos empreendimentos e projetos. Ele é um padronizador de processos, áreas de conhecimentos, ferramentas e técnicas. Este guia não deve ser considerado uma forma metodológica de abordagem, pois não as difere de acordo com cada projeto e sim o inverso. Ele estipula um padrão a ser seguido por qualquer tipo de projeto e fornece uma visão geral para que todo empreendimento possa segui-lo e não padrões restritos a cada tipo de projeto. (DINSMORE, 2009).

Segundo DINSMORE e CABANIS-BREWEN, 2009, podemos resumir projeto em alguns pontos:

- Tem início, meio e fim;
- É planejado, executado e controlado;
- Desenvolve produtos, serviços ou resultados exclusivos;
- É desenvolvido por etapas e tem evolução progressiva;
- Tem necessidade de uma equipe de profissionais para executá-lo;
- Possui recursos limitados;

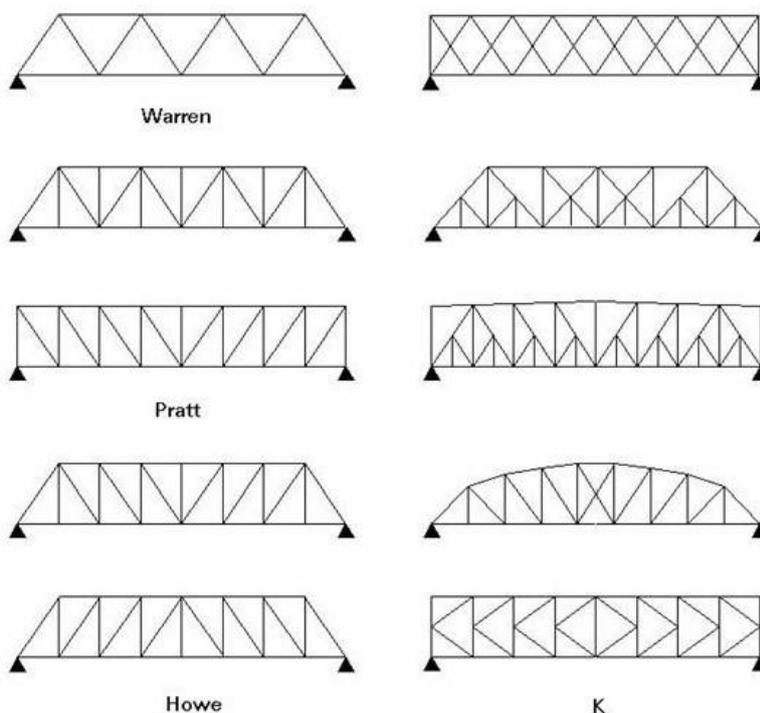
Para o guia, gerenciamento de projetos é, basicamente, a utilização de ferramentas e gestão de diversas áreas a fim de influenciar diretamente na execução de projetos, pois, tais ferramentas, foram desenvolvidas para que o gerente de projeto possa, junto com sua equipe, executar de acordo com o projeto base, todos os parâmetros consolidados com proprietário do empreendimento. Para tais processos, gerenciar é definir e alcançar objetivos ao mesmo tempo que é otimizado recursos, como por exemplo, tempo, dinheiro, pessoas, etc. Ainda segundo

DINSMORE e CABANIS-BREWEN, 2009, o PMBOK abrange diversas áreas em um projeto, num total de 10, que são: gerenciamento de escopo de tempo, de recursos humanos, das partes interessadas (Stakeholders) de aquisições, de risco, de qualidade, de comunicação, de custo, e de integração.

2.2. Pontes treliçadas

Uma treliça, na engenharia de pontes, normalmente é um modelo estrutural reticulado advindo de formas triangulares, normalmente de metal ou madeira para pontes, montadas por barras interligadas umas às outras por uma rótula, ou nó, comumente conhecido dessa maneira. Pontes por sistemas triangulares, é, na engenharia, um sistema perfeito para o cálculo estrutural. Nesses conjuntos, as cargas consideradas atuam diretamente nos nós, cargas designadas como tração (ação de forças em sentidos opostos “saindo” da viga) ou compressão (ação de forças em sentidos opostos “entrando” na viga). É importante salientar que, pontes treliçadas são ótimas absorventes de forças no sentido vertical, mas, péssimas para forças laterais (MARTHA, 2010).

Dentre os diversos tipos de pontes treliçadas, os mais conhecidos são: os de tipo “pratt”, “howe”, “warren” e “warren modificado”. Cada tipo é mostrado na figura 1 e designa uma forma diferente dos sistemas triangulares e com isso, como as cargas serão suportadas e como a estrutura se comportará. Cada estrutura foi desenvolvida para vencer diferentes distância, ter um melhor custo benefício e resistir aos esforços produzidos pelas ações que nelas atuam. (GOMES, 2016).



Fonte: DEMGi - 2018

Figura 1 – Tipos de pontes de treliças

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para a elaboração deste projeto visa à correta utilização das ferramentas e técnicas do guia PMBOK de gerenciamento de projeto e a correta execução do protótipo da ponte de palito de picolé, seguindo as orientações constantes no regulamento de sua competição, visando o melhor aprendizado das técnicas para aplicações posteriores no decorrer da vida acadêmica e profissional.

O projeto para a ponte de palito de picolé foi regido por um edital interno, na disciplina de Bases de Gestão para Engenharia no curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Estácio da Amazônia. Esse edital estipulou pontuações, limites, mínimos e máximos, de carga, dimensões e peso da ponte e datas.

Para elaboração do projeto foram especificados alguns parâmetros de construção da ponte que estão listados a seguir:

- Deve ser indivisível, de tal forma que não existam partes móveis ou encaixáveis;
- Ser construída utilizando apenas palitos de picolé de madeira e cola para madeira;
- Deve ser capaz de vencer um vão de 70 cm estando apoiada livremente nas suas extremidades (5 cm de cada lado), totalizando uma ponte de 80 cm;
- Ter a largura de 1 palito de picolé (aproximadamente 9 cm), ao longo de todo seu comprimento;
- Deve ter um tabuleiro que permitiria a passagem de carros em um projeto real;
- Poderá receber revestimento considerando que os palitos de picolé devam ficar aparentes;
- A altura máxima da ponte, medida verticalmente desde seu ponto mais baixo até o seu ponto mais alto, não deverá ultrapassar 30 cm;
- Não ultrapassar o peso de 400g;
- Não será permitida a utilização das faces verticais da torre de suporte como ponto de apoio horizontal da ponte;

A figura 2 apresenta um esquema genérico de construção da ponte e o critério de admissibilidade da base da ponte.



Fonte: UFRR Grupo PET de Engenharia Civil – 2014
 Figura 2 – Esquema genérico e admissibilidade da base

Buscando-se o melhor custo benefício sobre pontes treliçadas, foi identificado que os modelos “*warren modificado*” são os que se destacam, pois, esse modelo suporta cargas consideráveis e necessitam de menos matéria prima para sua confecção, nos chamando atenção, por termos no edital do concurso, tolerância de peso final do protótipo e cargas mínimas e máximas estipuladas pelo mesmo certame. O modelo citado acima, em projetos reais, são os mais usuais, pelo mesmo parâmetro, suporte de carga em relação a massa da ponte. Na figura 3 temos uma imagem de uma ponte real do “*warren modificado*”.



Fonte: ROMÃO - 2003

Figura 3 – Ponte do tipo Warren modificada

Com as especificações e o tipo de ponte definida, o projeto foi elaborado seguindo as diretrizes do guia PMBOK. Como padrão, utilizou-se o modelo da empresa Escritório de Projetos, que disponibiliza gratuitamente conteúdo para gerenciamento de projetos. Dentre as ferramentas constantes no guia PMBOK foram utilizadas:

- Termo de abertura de projeto;
- Plano de gerenciamento de projeto;
- Status Report;
- Lições aprendidas.

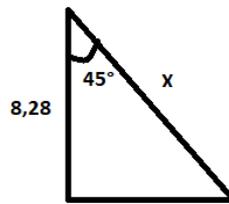
O plano de gerenciamento de projeto é o documento mais completo do gerenciamento, nele estão contidas as seguintes informações: escopo, tempo, recursos humanos, aquisições, riscos, qualidade, comunicação e custos do projeto.

Após a fase de elaboração do plano de gerenciamento de projeto, todas as decisões foram tiradas do papel e colocadas em ação. Na construção da ponte de palitos de picolé foram utilizados palitos cujas dimensões eram 115,0 mm de comprimento, 2,0 mm de espessura e 8,4 mm de largura. Para união dos palitos foi usada uma unidade de cola para madeira, como especificado no edital.

A primeira parte da execução do projeto foi a confecção de um gabarito para que os palitos de picolé fossem fixados mais rapidamente e para que a secagem da cola fosse mais rápida. Nos pilares diagonais foi utilizada uma angulação de 45°, baseando-se em algumas pesquisas de pontes de treliça do tipo warren modificado.

Devido a uma interpretação errônea do regulamento do concurso, o tabuleiro foi feito utilizando os palitos no mesmo sentido do comprimento da ponte. Foram utilizados 7 palitos postos lado a lado repetidos por 7 vezes ao longo do comprimento. As laterais foram reforçadas com 6 palitos de cada lado, no sentido perpendicular aos do tabuleiro. As laterais e o tabuleiro foram unidos com palitos na base. Desse modo, temos 8,28cm de largura e 80cm de comprimento.

Os pilares verticais e inclinados foram dispostos ao longo da ponte, sempre utilizando dois palitos colados a fim de dar maior resistência. Os verticais foram cortados de modo a ficar com o mesmo valor da largura da ponte (8,28cm) e os inclinados de acordo a ficar com a angulação de 45° do ponto de encontro com o vertical. Para encontrar o valor da inclinação usamos a relação de cosseno, mostrada na figura 5.

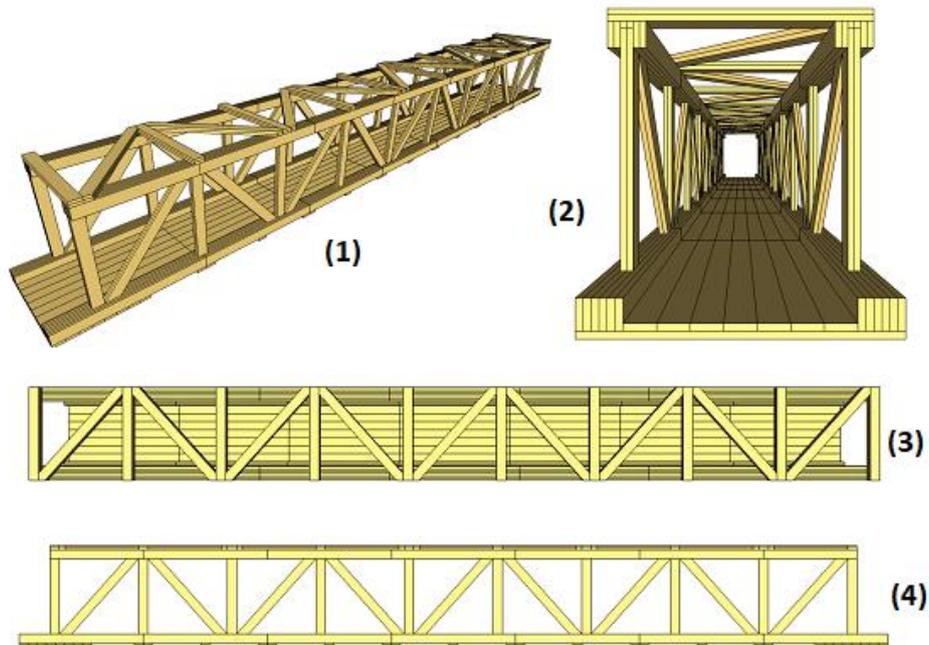


Fonte: O autor - 2018

Figura 5 – Cálculo dos pilares diagonais

$$x = \frac{8,28}{\cos 45^\circ} = 11,7 \text{ cm}$$

Na figura 6 temos o esquema do projeto da ponte de palito de picolé utilizando o software Scketchup.



Fonte: O autor - 2018

Figura 6: Projeto da ponte – (1) Perspectiva isométrica; (2) Vista lateral; (3) Vista superior; (4) Vista frontal

Na avaliação geral foram utilizados três critérios: Estética, Eficiência Estrutural e Suporte de Carga Máxima.

Atendendo ao critério de estética, foram utilizadas lixas próprias para madeira em três espessuras diferentes: fina, média e grossa, a fim de dar maior acabamento e beleza ao projeto. Esse critério teve três avaliadores que levaram em conta o acabamento dos filetes e das junções, inovação e criatividade. A média das avaliações compuseram a nota final.

A estimativa do valor da carga de colapso seria obtida pelo grupo através de cálculos específicos de resistência dos materiais e testes carga nos mesmos, bem com a utilização de softwares para auxiliar na correta determinação deste valor. Essa determinação compreendeu 20% da nota final, para critérios aceitáveis de margem de erro, foram adotados $\pm 10\%$ para a

nota máxima neste critério, e para cada quilo acima ou abaixo haveria decremento de 0,1 pontos da nota parcial, não ultrapassando o total da nota de 20%.

Para o critério de eficiência estrutural deveriam ser observados os seguidos dados: para este critério foi estabelecido o valor de 30% na nota final. Para calcular a eficiência do protótipo foi estipulado que a eficiência seria determinada pela razão do peso da ponte pela carga de colapso: $\text{eficiência} = \frac{\text{carga de colapso}}{\text{peso da ponte}}$ e a nota correspondente seria determinado de acordo com a tabela a seguir:

Eficiência	Nota Parcial
≥ 200	3,0
≥ 150 e < 200	2,5
≥ 100 e < 150	2,0
≥ 50 e < 100	1,5
≥ 25 e < 50	1,0
≥ 15 e < 25	0,5
< 15	0,0

Fonte: UFMA – 2014.

Tabela 1: Notas Parciais referentes aos valores de eficiência obtidos

O teste de carga inicial foi feito aplicando uma carga correspondente a 10 kg no centro do vão que se, decorrido 10 segundos da sua aplicação, a ponte não apresentasse danos estruturais, seria considerado que a ponte passou no teste de carga mínima, estando habilitada para participar do teste de carga de colapso). Foram colocadas cargas com pesos determinados pela comissão a fim de especificar a carga máxima que a estrutura foi dimensionada a suportar, sendo que para isso a estrutura devia suportar esta carga por um total de 10 segundos antes de entrar em colapso para que o peso utilizado fosse considerado, caso contrário seria estipulado como peso máximo à carga logo anterior a esta. A pontuação correspondente para a carga máxima foi dada pela tabela a seguir:

Carga Máxima	Nota Parcial
≥ 70 kg	3,0
≥ 60 e < 70	2,5
≥ 50 e < 60	2,0
≥ 40 e < 50	1,5
≥ 30 e < 40	1,0
≥ 20 e < 30	0,5
< 20	0,0

Fonte: UFMA – 2014

Tabela 2: Notas Parciais referentes aos valores obtidos de carga máxima

4. ANÁLISE DE DADOS

Foram usados entre 250 e 270 palitos de picolé para a confecção da ponte o que é equivalente a quase 3 pacotes contendo 100 unidades cada. Para união e acabamento dos filetes foi utilizado 75% de um tubo de 90g de cola para madeira e duas lixas para madeira. A ponte, pesou um total de 388g não ultrapassando o máximo permitido de 400g. A carga suportada pela estrutura foi de 90Kg.



Fonte: O Autor - 2017
Figura 7: Ponte finalizada

Na figura 8 temos algumas imagens do teste de carga. Ao lado esquerdo temos as anilhas utilizadas. Ao centro temos como foram postas as anilhas para realização do teste e, por fim, ao lado direito temos o a ponte após o rompimento da estrutura.



Fonte: O autor - 2017
Figura 8: Teste de carga: (1) Anilhas de teste; (2) Carga aplicada; (3) Ponte após o colapso

No processo de confecção, encontramos um problema comum para o material usado, que foi relacionado ao palito de picolé, pois, de cada 10 palitos, 3 viam com avarias graves ou tinham a resistência e elasticidade bem abaixo dos demais, atrasando a fabricação das cossões. Outro empecilho foi não ter os devidos conhecimento teórico sobre cálculo estrutural pois a disciplina Bases de Gestão para Engenharia é uma disciplina do ciclo básico de engenharia e disciplinas mais específicas são ministradas em semestres posteriores. Porém, com um pouco de pesquisa, conseguiu-se chegar a um resultado aceitável. De maneira oposta, a confecção da treliça foi feita de maneira rápida devido ao desenvolvimento do gabarito, o que facilitou o processo.

Com o pouco conhecimento teórico o grupo estimou uma carga de colapso de 70kg, 20 kg a menos que a carga de colapso no teste de carga. Com isso, o grupo ficou com nota no quesito estimativa igual a 0. Porém a relação entre peso da ponte e carga de colapso foi de 231,95, um valor muito satisfatório. As especificações e pontuações final do grupo é apresentada na tabela 3.

Especificações	Notas
Estimativa: 70 kg	Estética: 1,4
Peso da Ponte: 388 g	Estimativa: 0
Comprimento: 80 cm	Eficiência: 3,0
Largura: 8 cm	Carga Máxima: 3,0
Altura: 8,5 cm	
Carga Máxima: 90kg	Total: 7,4

Fonte: O autor – 2018

Tabela 3: Notas Parciais referentes aos valores obtidos de carga máxima

5. CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste artigo possibilitou uma análise apurada sobre a aplicação do guia PMBOK, sobre estruturas treliçadas e a aplicação dos dois quesitos anteriores no desenvolvimento da ponte de palito de picolé.

De um modo geral, os resultados foram satisfatórios, pois, o guia PMBOK ajudou identificar as etapas da construção da ponte, a prever os possíveis erros que podiam atrapalhar o andamento do projeto. Desse modo, o desenvolvimento do projeto fluiu de maneira alinhada com os planos iniciais, pontos esses, sendo o carro chefe do guia de gerenciamento de projetos.

O tipo de treliça escolhida, *Warren* Modificada, foi de suma importância, pois, é um modelo que agrega resistências as cargas axiais e um custo benefício eficiente para o projeto. O projeto atendeu aos requisitos e objetivo determinados ficando apenas a ressalva que para um melhor dimensionamento do mesmo é necessária uma maior compreensão das técnicas e cálculos que envolvem sua construção. Para projetos futuros, com mais conhecimento adquirido no decorrer da vida acadêmica, haverá uma maior facilidade de elaboração de projetos relacionados e minimização dos erros cometidos tendo maior chance de sucesso.

Dada a importância do tema, é de suma importância agregarmos conhecimento teórico para podermos ter um melhor desempenho em projetos futuros e para que os resultados sejam mais satisfatórios. Nesse sentido, os objetivos computados nesse artigo, foram alcançados, pois, foi constatado que o guia PMBOK e suas ferramentas possui um intuito único e certo, que é conferir ao gerente de projetos, medidas e maneiras com que ele possa levar ao êxito a conclusão do projeto que lhe foi dado. O guia tem ferramentas simples e fáceis, porém, necessitam de uma pessoa que possa entende-las e expô-las a sua equipe, fazendo que a mesma trabalhe de forma fluída, levando o projeto ao seu intuito principal, a satisfação do cliente.

6. REFERÊNCIAS

DEMGI (DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA E GESTÃO INDUSTRIAL DA ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA DE GESTÃO DE VISEU (ESTGV)) – *Resistência dos materiais, Capítulo 3 – Esforços internos e Métodos das Seções*, 2018. Disponível em: <<http://slideplayer.com.br/slide/43676/>> Acesso em 19/04/2018.

DINSMORE, PAUL C.; CABANIS-BREWEN, JEANNETTE. *Manual de gerenciamento de projetos*. Estados Unidos da América: Brasport, 2009. p. 1-5.

GOMES, MARIA IDÁLIA. *Estudo e Análise de Treliças. Área Departamental de Engenharia Civil*. Instituto Politécnico de Lisboa. Isel, Lisboa, Portugal. p. 5-9; p. 18-23, abril 2016.

MARTHA, LUIZ FERNANDO. *Análise de Estruturas: Conceito e métodos básicos*. Rio de Janeiro: 2010. p. 30-32.

MOURA, DÁCIO G.; BARBOSA, EDUARDO F. *Trabalhando com projetos*. Rio de Janeiro: Vozes, 2006.

ROMÃO, XAVIER. *Sistemas Articulados Planos - Mecânica I – 2002/2003*.

UFMA – CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS, SAÚDE E TECNOLOGIA. *Edital Competição de Pontes Treliçadas de Palito de Picolé*. Imperatriz, MA – 2014.

UFRR – GRUPO PET DE ENGENHARIA CIVIL. *Regulamento do segundo concurso de pontes de palito de picolé da UFRR*. Boa Vista – RR, 2014.