****João José da Silva****

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO

Uberlândia, (ano da qualificação)

****João José da Silva****

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO

Qualificação apresentada à Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Recursos Hídricos e Saneamento / Estruturas e Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. João Neto

Uberlândia, (ano da qualificação)

*Dedico este trabalho a meus pais fulano e fulana.*

*Minha esposa fulana.*

*Meus filhos fulano e ciclano.*

*(Este item é opcional)*

AGRADECIMENTOS

Este item é opcional. Agradeço primeiramente a Deus e a minha família...

RESUMO

O objetivo deste trabalho é estudar o reforço externo de peças estruturais de madeira, utilizando plásticos reforçados por fibras de carbono, através de simulações numéricas. Devido à alta relação resistência/peso específico dos materiais compostos, pode-se aumentar a resistência e a rigidez de elementos estruturais sem aumento significativo do peso da estrutura. Nas modelagens a madeira foi considerada como material ortotrópico, o que representa um avanço no cálculo desse tipo de estrutura. Utilizou-se a teoria de estratificados para materiais compostos, permitindo assim, um estudo mais detalhado e preciso. O efeito do cisalhamento transversal também foi considerado. As simulações foram feitas através do método dos elementos finitos, sendo validadas por modelos analíticos consolidados. Isto permitiu tratar o problema com diversas configurações geométricas, de contorno e de carregamento. Foram estudados os casos de peças estruturais do tipo viga e placa. As análises permitiram estudar o enrijecimento destes elementos para variadas formas e taxas de reforço. Por fim, pôde-se caracterizar do ponto de vista mecânico a estrutura resultante da composição dos materiais. Os resultados mostraram que a técnica de reforçar estruturas de madeira através de fibras de carbono é bastante interessante do ponto de vista estrutural.

**Palavras-chave:** Reforço estrutural - Madeira - Comportamento mecânico - Materiais compostos - Fibras de carbono

ABSTRACT

A theoretical/numerical study of the mechanical behavior of timber pieces reinforced by carbon fibers is presented. The association of the wood to the carbon fiber allows applications in structural design as of repair of structures in civil, mechanical and naval constructions. The numerical simulations have been performed using finite element method, with several kinds of geometry, boundary and loading conditions. The used formulation for the numerical model is inserted in the context of the laminated theories for composite materials, which allows a rigorous analysis. Orthotropic elastic properties have been used for the wood modeling. By using models of beams and plates, simulations of the placement and the reinforcement ratio have been made. The results show the gain of rigidity as a function of the applied reinforcement. The mechanical behavior of the reinforced laminated structure is studied, where the transverse shear deformations have been considered. The resulting material is an interesting configuration for design and repairing of wooden structures.

**Keywords:** Reinforced structures - Timber structures - Mechanical behavior - Composite materials - Carbon fibers

LISTA DE FIGURAS

|  |  |
| --- | --- |
| Figura 1- | Sensores passivos, que utilizam o sol como fonte de radiação .................19 |
| Figura 2- | Espectro eletromagnético com níveis de frequência e intensidade.................................................................................................20 |
| Figura 3- | Fluxo de radiância emitida e irradiância incidente sobre um objeto..........20 |

LISTA DE GRÁFICOS

|  |  |
| --- | --- |
| Gráfico 1- | Comparação das faixas espectrais azul e verde dos satélites Modis, Landsat8 e Sentinel 2.................... ......................................................62 |
| Gráfico 2- | Comparação das faixas espectrais vermelho e infravermelho dos satélites Modis, Landsat 8 e Sentinel 2 ............................................................63 |
| Gráfico 3- | Histograma das imagens classificadas, a) método Mahalanobis; b) método de máximo verossimilhança; c) método de distância euclidiana e d) método de correlação...........................................................................71 |

LISTA DE TABELAS

|  |  |
| --- | --- |
| Tabela 1- | Correlação entre as respostas espectrais das bandas do sensor Modis e dados do espectro radiômetro......................................... .........................26 |
| Tabela 2- | Correlação entre as respostas espectrais das bandas do sensor Modis e dados do espectro radiômetro................................................................................................50 |

LISTA DE SÍMBOLOS

*Aij* - Coeficientes da matriz de rigidez de membrana

*Bij* - Coeficientes da matriz de acoplamento membrana/flexão-torção

*Gxy* - Módulo de cisalhamento do estratificado no plano *xy*

*εxxo* - Deformação do plano médio na direção *x*

*ϕx* - Rotação do plano médio segundo a direção *x*

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

INT - parte inteira de um número

NA - número aleatório

PZT - titanato zirconato de chumbo

MEF - Método dos Elementos Finitos

OSB - Placa compósita de madeira formada por fibras curtas (Oriented Strand Board)

SUMÁRIO

[1 INTRODUÇÃO 13](#_Toc801561)

[1.1 Objetivos 13](#_Toc801562)

[1.1.1 Objetivo Geral 13](#_Toc801563)

[1.1.2 Objetivos específicos 13](#_Toc801564)

[1.2 Justificativa 13](#_Toc801565)

[2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 14](#_Toc801566)

[2.1 Estruturas reforçadas em geral 14](#_Toc801567)

[2.1.1 Subseções 14](#_Toc801568)

[2.1.2 Figuras e Gráficos 15](#_Toc801569)

[2.1.3 Tabelas e Quadros 16](#_Toc801570)

[3 MATERIAIS E MÉTODOS 18](#_Toc801571)

[4 RESULTADOS E DISCUSSÕES 19](#_Toc801572)

[5 CONCLUSÃO 20](#_Toc801573)

[REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 21](#_Toc801574)

[ANEXO A – Fórmulas Empíricas do Cálculo das Tensões 24](#_Toc801575)

[APÊNDICE A - Fórmulas Empíricas do Cálculo das Tensões 25](#_Toc801576)

# INTRODUÇÃO

Descreva o contexto no qual ocorre a sua pesquisa. Este é o momento de você apresentar ao leitor o que existe na literatura científica e quais as lacunas do conhecimento a serem preenchidas. Deve-se também apresentar de forma clara e concisa o problema de pesquisa que você está abordando e qual a sua hipótese de solução. Recomendado, mas não obrigatório é fazer uma rápida explanação sobre sua abordagem metodológica ao final da sessão e direcionando aos objetivos.

..........................................................

..........................................................

..........................................................

## Objetivos

### Objetivo Geral

O objetivo desta pesquisa é ...............................

..........................................................

..........................................................

### Objetivos específicos

...................................

## Justificativa

Este tópico é opcional, pois pode ser inserida na introdução como um texto único

Este trabalho é constituído de cinco capítulos, organizados da seguinte maneira-

* Capítulo 1- apresenta uma revisão bibliográfica sobre estruturas reforçadas.
* Capítulo 2- descreve as propriedades da madeira e dos materiais compostos.
* ...........................................................
* ...........................................................
* Capítulo 5- é feita a verificação da metodologia proposta, através de exemplos aplicados.

# REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

## Estruturas reforçadas em geral

Parte principal do texto, que contém a exposição ordenada e pormenorizada do assunto. Divide-se em seções e subseções, que variam em função da abordagem do tema e do método. De forma geral, esta etapa apresenta em detalhes a sua análise crítica sobre as pesquisas consultadas.

A redação deve ser objetiva, clara e concisa, como convém a trabalhos de natureza científica. Deve-se, ainda, observar que a linguagem e terminologia sejam corretas e precisas, coerentes quanto ao tempo de verbo adotado e uso do vocabulário técnico padronizado, evitando-se neologismos e estrangeirismos.

Recomenda-se que os textos sejam apresentados em papel branco, formato A4 (21 cm x 29,7 cm), digitados na cor preta, no anverso das folhas. Recomenda-se a utilização de fonte tamanho 12 para o texto e tamanho menor para citações de mais de três linhas, notas de rodapé, paginação e legendas das ilustrações e tabelas. No caso de citações de mais de três linhas, deve-se observar o recuo de 4 cm da margem esquerda. O espaçamento pode ser 1,15 ou 1,5. As folhas devem apresentar margens normais esquerda e superior de 3 cm; direita e inferior de 2 cm.

Deve-se adotar a numeração progressiva para as seções do texto. As seções e subseções de uma dissertação são numeradas com algarismos arábicos, em uma sequência lógica.

Os títulos das seções primárias, por serem as principais divisões, iniciam-se em folha distinta. São destacadas gradativamente e de maneira uniforme ao longo do texto, utilizando-se os recursos de negrito

### Subseções

Os títulos das subseções aparecem sem negrito e maiúsculas, e as demais subseções em letras minúsculas e em negrito como neste exemplo.

O mesmo destaque utilizado no texto deverá ser repetido no Sumário.

### Figuras e Gráficos

As Ilustrações compreendem desenhos, esquemas, fluxogramas, fotografias, gráficos, mapas, organogramas, plantas, quadros e outros. Sua identificação aparece na parte superior, precedida da palavra de identificação (Figura, Gráfico ou Fotografia), seguida de seu número de ordem de ocorrência no texto, em algarismos arábicos, do respectivo título e/ou legenda explicativa de forma breve e clara, dispensando consulta ao texto e à fonte. Na parte inferior, em tamanho menor, deve ser indicada a fonte consultada, mesmo sendo produção do próprio autor, legenda, notas e outras informações necessárias. A ilustração deve ser centralizada e inserida o mais próximo possível do trecho a que se refere.

FIGURA 6 - Efeitos sofridos pela radiação ao interagir com os diferentes meios que constituem o planeta.

|  |
| --- |
| Fonte: Lira, C., Amorim, A., Silva, A. N. e Taborda, R. (2016). |
| GRÁFICO 1 - Diferença entre os casos notificados e casos ocorridos de sarampo    Fonte: O autor. |

### Tabelas e Quadros

Da mesma forma como as Figuras e Ilustrações, as tabelas devem ter sempre chamada no parágrafo anterior, conforme a Tabela 1. Quando necessário, indicar a origem dos dados compilados indicando a palavra Fonte, a origem e o ano entre parênteses. Diferentemente das Figuras e Quadros, no caso de Tabelas cuja fonte é o próprio autor, a fonte não precisa ser citada na parte inferior.

Tabela 1. Resoluções espaciais e espectrais dos sensores Modis, Landsat-8 e Sentinel-2.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **LandSat-8 16bits** | | **Sentinel-2 12bits** | |
| Faixa imageada | Largura de 185 km | | Largura de 290 km | |
| Resolução temporal | 16 dias | | 10 dias | |
| Banda | Comprimento de onda (nm) | Resolução Espacial (m) | Comprimento de onda (nm) | Resolução Espacial (m) |
| 1 | 433-453 | 30 | 433-453 | 60 |
| 2 | 450-515 | 30 | 457,5-522,5 | 10 |
| 3 | 525-680 | 30 | 542,5-577,5 | 10 |
| 4 | 630-680 | 30 | 650-680 | 10 |
| 5 | 845-885 | 30 | 697,5-712,5 | 20 |
| 6 | 1560-1660 | 30 | 732,5-747,5 | 20 |
| 7 | 2100-2300 | 30 | 773-793 | 20 |
| 8 | 500-680 | 15 | 784,5-899,5 | 10 |
| 8a |  |  | 855-875 | 20 |
| 9 | 1360-1390 | 30 | 935-955 | 60 |
| 10 | 10600-11200 | 100 | 1365-1395 | 60 |
| 11 | 11500-12500 | 100 | 1565-1655 | 20 |
| 12 |  |  | 2100-2280 | 20 |

Fonte: Esa / Nasa (2017).

Da mesma forma os quadros devem estar devidamente indicados no parágrafo anterior. Note que o quadro difere da tabela por apresentar informações textuais, enquanto que na tabela o dado numérico se destaca como informação central.

Quadro 1- Expressões Latinas

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Abreviatura** | **Utilização** |  | **Exemplo** |
|  |  |  | |
| *Apud* (citado por, | Única expressão latina | Atanasiu *et al.* (1951 *apud* Reis; | |
| conforme, segundo) | que pode ser usada tanto | Nóbrega, 1956, p. 55). | |
|  | no texto como em notas |  |  |
|  | de rodapé |  |  |
|  |  |  |  |
| *Idem ou Id.* | Usada em substituição | 1 | Universidade Estadual |
| ao nome do autor, |  | Paulista, 1999. |
| (do mesmo autor) | quando se tratar de | 2 | *Id.*, 2000. |
|  | 3 |
|  | citação de diferentes | Sarmento, 1978. |
|  | obras de um mesmo | 4 | *Id.*, 1987. |
|  | autor. | 5 | *Id.*, 1988. |
|  |  |  |  |
| *Ibidem ou Ibid.* | Usada em substituição | 1 | Andrade, M. M. *Como preparar* |
|  | *trabalhos para cursos de pós-* |
| (na mesma obra) | aos dados da citação |  |
|  | *graduação*. São Paulo - Atlas, |
|  | anterior, pois o único |  |
|  |  | 1999. |
|  | dado que varia é a | 2 |
|  | *Ibid*., p. 89. |
|  | página. | 3 |
|  | *Ibid*., p. 150. |
|  |  |  |
|  |  |  |  |
| *Opus citatum* ou *op. cit.* | Usada no caso de obra | 1 | Salgueiro, 1998, p. 19. |
| (opere citado, obra | citada anteriormente, na | 2 | Smith, 2000, p. 213. |
| citada) | mesma página, quando | 3 | Salgueiro, *op. cit.,* p. 40-43. |
|  | houver outras notas. | 4 | Smith, *op. cit.*, p. 376. |
|  |  |  |  |
| *Passim* ou *passim* | Usada em informação | 1 | Queiroz, 1999, *passim.* |
| (aqui e ali, em diversas | retirada de diversas | 2 | Sanchez; Coelho, 2000, |
| passagens) | páginas do documento |  | *passim.* |
|  | referenciado. |  |  |
|  |  |  |  |
| *Loco citado* ou *loc. cit.* | Usada para designar a | 1 | Figueiredo, 1999, p. 19. |
| (no lugar citado) | mesma página de uma | 2 | Sanchez e Carazas, 2000, p. |
|  | obra já citada | 3 | 2-3 |
|  | anteriormente, mas com | Figueiredo, 1999, *loc. cit.* |
|  | intercalação de notas. | 4 | Sanchez e Carazas, 2000, *loc.* |
|  |  |  | *cit.* |
|  |  |  |  |
| *Confira* ou *Cf.* | Usada como abreviatura | 1 | *Cf.* Gomes, 1999, p. 76-99. |
| (confronte) | para recomendar | 2 | *Cf.* nota 1 deste capítulo. |
|  | consulta a um trabalho |  |  |
|  | ou notas. |  |  |
|  |  |  |  |
| *Sequentia* ou *et seq.* | Usada em informação | 1 | Gomes, 1999, p. 76 *et seq.* |
| (seguinte ou que se | seguinte ou que se | 2 | Foucault, 1994, p. 17 *et seq*. |
| segue) | segue. Usada quando |  |  |
|  | não se quer citar todas |  |  |
|  | as páginas da obra |  |  |
|  | referenciada |  |  |
|  |  |  |  |

Fonte: SIBi/USP (2009).

As Equações devem estar alinhadas à esquerda, com numeração alinhada à direita. A formatação no editor de equações é livre. Ao ser citada no texto, a equação deve aparecer com a primeira letra maiúscula, não devendo ser abreviada, conforme exemplo da Equação 1.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |

# MATERIAIS E MÉTODOS

Para cada capítulo deve-se começar em uma folha distinta e seguir as recomendações acima.

# RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para cada seção deve-se começar uma folha distinta e seguir as recomendações acima.

# CONCLUSÃO

A principal contribuição deste trabalho foi

................................................................................

...............................................................................

..............................................................................

...............................................................................

................................................................................

.................................................................................

..................................................................................

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

As referências devem ser organizadas em ordem alfabética, pois as citações no texto obedeçam ao sistema autor-data. A seguir estão as principais referências utilizadas. O sistema adotado é o ABNT NBR 6023 de referências, que foi alterada recentemente. As referências devem ser elaboradas em espaço simples, alinhadas à margem esquerda do texto e separadas entre si por uma linha em branco de espaço simples. Quando aparecerem em notas de rodapé, devem ser alinhadas à margem esquerda do texto e, a partir da segunda linha da mesma referência, abaixo da primeira letra da primeira palavra, de forma a destacar o expoente e sem espaço entre elas. Para dúvidas e maiores informações pode-se utilizar <https://referenciabibliografica.net/index.php>

**Livro:**

SOBRENOME do autor, Nome. Título: subtítulo (se houver, sem negrito). n°. ed. (número de edição, se houver). Cidade: Editora, ano.

**Um** autor:

CAPELANO, Tathiana. Comunicação Corporativa e Reputação: Construção e defesa da imagem favorável. São Paulo: Saraiva, 2010.

**Dois autores:**

LORENZON, Gilberto; MAWAKDIYE, Alberto. Manual de Assessoria de Imprensa.

Campos do Jordão: Mantiqueira, 2006.

Mais de três autores (só colocar o primeiro autor e os restantes substituir por et al.):

ROSS, Stephen et al. Administração financeira: corporate finance. São Paulo: Atlas, 1995.

Obs: O(s) nome(s) do(s) autor(es) referenciados sucessivamente pode(m) ser substituído(s) por um traço sublinear (equivalente a seis espaços) e ponto, na(s) referência(s) seguintes.

Exemplo:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 6023: informação e documentação / referências / elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_. NBR 6024: numeração progressiva das seções de um documento. Rio de

Janeiro, 1989.

**Monografia:**

SOBRENOME, Nome. Título: subtítulo (se houver).n° de folhas. Tipo de trabalho (tese, dissertação, etc.)-Curso, Instituição, ano.

Exemplo:

BETANHO, Cristiane. Produção e comercialização em assentamentos de reforma agrária do MST: pesquisa participativa e pesquisa-ação em Pernambuco e no Rio Grande do Sul. 318 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, 2008.

**Entidade (empresas, órgãos governamentais, associações, etc):**

NOME (da entidade, empresa, etc.). Título. Cidade: Editora, ano.

Exemplo:

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DO TURISMO - OMT. Introdução ao Turismo. São Paulo: Roca, 2001.

**Coletânea:**

Deve ser colocado o nome do autor responsável pelo conjunto da obra (se estiver explicito), seguido da abreviação do tipo da participação entre parênteses. (Organizador: Org.; Editor: Ed., etc.)

SOBRENOME, Autor (Org.). Título. Cidade: Editora, ano.

Exemplos:

NOVAES, Adauto (org.). Rede imaginária: televisão e democracia. 2a ed. São Paulo: Companhia das Letras, 1999.

**Online:**

Se constar o autor na página este deve ser indicado, caso contrário, colocar o nome do site:

SOBRENOME, Autor. Titulo. Disponível em: <endereçoonlinecompleto>. Acesso em: dia/ mês/ano.

Exemplo:

VIEIRA, Cássio Leite; LOPES, Marcelo. A queda do cometa. **Neo Interativa**, Rio de Janeiro, n. 2, inverno 1994. 1 CD-ROM.

SILVA, M. M. L. Crimes da era digital. **Net**, Rio de Janeiro, nov. 1998.Seção Ponto de Vista. Disponível em: <http://www.brazilnet.com.br/contexts/brasilrevistas.htm>. Acesso em: 28 nov. 1998.

Quando não houver o nome do autor, exemplo:

BUSINESS-INTELLIGENCE. Performance measurement is now a criticai issue for the HR Professional. Disponível em: <http:/[www.business-intelligence.co.uk/reports](http://www.business-intelligence.co.uk/reports) /hrscorecard/>. Acesso em: 02 Out. 2001.

**Revista (journals):**

SOBRENOME do autor, Nome. Título do artigo. Título da revista, cidade, editora, volume, número, mês, ano.

Exemplo:

ALONSO, Marcos. Custos no serviço público. Revista do Serviço Público, Brasília, ENAP, ano 50, n.1, Jan./Mar., 1999.

PHILIPPI, S. T.; CRUZI, A. T. R.; COLUCCI, A. C. A. Pirâmide alimentar para crianças de 2 a 3 anos. Revista de Nutrição, Campinas, v. 16, n. 1, jan./mar. 2003.

**Anais (Congressos, Simposios e afins):**

RODRIGUES, M. V. Uma investigação na qualidade de vida no trabalho. In: Encontro anual da ANPAD, 13., 1989, Belo Horizonte. **Anais**... Belo Horizonte: ANPAD, 1989. p. 455-468

**Leis e Decretos:**

PAÍS, ESTADO OU MUNICÍPIO. Lei ou decreto n°, dia mês ano. Ementa. Publicação, local de publicação, edição (se houver), cidade, volume (se houver), ano.

Exemplo:

BRASIL. Decreto-lei n° 5.452, de 1 de maio de 1943. Aprova a consolidação das leis

do trabalho. Lex: coletânea de legislação: edição federal, São Paulo, v. 7, 1943.

Obs: Leis federais tem sua entrada por BRASIL; Leis Estaduais e Municipais tem a sua entrada pelo nome do Estado e Município, respectivamente. No caso de São Paulo e Rio de Janeiro, como capital e estado tem o mesmo nome, usa-se SÃO PAULO (para leis Estaduais) e SÃO PAULO (SP) para leis municipais.

.

# ANEXO A – Fórmulas Empíricas do Cálculo das Tensões

# APÊNDICE A - Fórmulas Empíricas do Cálculo das Tensões