



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

YANN BRUNO ANDRADE MELLO

TÍTULO DO TRABALHO

FORTALEZA

2026

YANN BRUNO ANDRADE MELLO

TÍTULO DO TRABALHO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do
Centro de Tecnologia da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do
grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Dalton Honório de Araújo

Coorientador: Prof. Me. Paulo Honório Filho

FORTALEZA

2026

À minha família, por sua capacidade de acreditar em mim e investir em mim. Mãe, seu cuidado e dedicação foi que deram, em alguns momentos, a esperança para seguir. Pai, sua presença significou segurança e certeza de que não estou sozinho nessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Ricardo Silva Thé Pontes por me orientar em minha tese de doutorado.

Ao Prof. Dr. Tobias Rafael Fernandes Neto, coordenador do Laboratório de Sistemas Motrizes (LAMOTRIZ) onde este *template* foi desenvolvido.

Ao Doutorando em Engenharia Elétrica, Ednardo Moreira Rodrigues, e seu assistente, Alan Batista de Oliveira, aluno de graduação em Engenharia Elétrica, pela adequação do *template* utilizado neste trabalho para que o mesmo ficasse de acordo com as normas da biblioteca da Universidade Federal do Ceará (UFC).

Aos bibliotecários da Universidade Federal do Ceará: Francisco Edvander Pires Santos, Juliana Soares Lima, Izabel Lima dos Santos, Kalline Yasmin Soares Feitosa e Eliene Maria Vieira de Moura, pela revisão e discussão da formatação utilizada neste *template*.

Ao aluno Thiago Nascimento do curso de ciência da computação da Universidade Estadual do Ceará que elaborou o *template* do qual este trabalho foi adaptado para Universidade Federal do Ceará.

Ao Prof. Dr. Humberto de Andrade Carmona do Curso de Física da UFC pelo primeiro incentivo para o uso do L^AT_EX.

Ao aluno de graduação em engenharia elétrica e amigo, Lohan Costa por me apresentar a plataforma *ShareLatex* que depois migrou para a plataforma *OverLeaf*.

Aos amigos de laboratório, Felipe Bandeira, Renan Barroso e Roney Coelho, pelas discussões sobre os recursos do L^AT_EX.

Aos meus pais, irmãos e sobrinhos, que nos momentos de minha ausência dedicados ao estudo superior, sempre fizeram entender que o futuro é feito a partir da constante dedicação no presente!

Agradeço a todos os professores por me proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender.

E à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento (Funcap), na pessoa do Presidente Tarcísio Haroldo Cavalcante Pequeno pelo financiamento da pesquisa de doutorado via bolsa de estudos.

“O sonho é que leva a gente para frente. Se a gente for seguir a razão, fica aquietado, acomodado.”

(Ariano Suassuna)

RESUMO

Em Pelas Ondas do Rádio: Cultura Popular, Camponeses e o MEB analisa a participação de camponeses do nordeste brasileiro no Movimento de Educação de Base. A perspectiva da tese é a de demonstrar como os trabalhadores envolvidos com as escolas radiofônicas elaboraram ações para manutenção e reprodução da escola em sua comunidade, visando obter os benefícios necessários à reprodução e melhoria de seu modo de vida. A partir de representações políticas e culturais singulares, dentre as quais vigoraram: um sentido para escola, um papel para o sindicato e para participação política, preceitos do direito de uso da terra e dos direitos do trabalho, assim como, sentidos múltiplos para o uso do rádio como meio de comunicação, informação e lazer, os camponeses do MEB, foram coadjuvantes da proposição católica modernizadora de inícios de 1960. Isto posto, demarca que a ação do camponês nordestino e seu engajamento político, seja no MEB, nos sindicatos rurais, nas Juventudes Agrárias Católicas (JAC's), no MCP, e nas mais diversas instâncias dos movimentos sociais do período, não se apartaram do processo modernizador. Neste sentido, considera-se que a modernização brasileira foi pauta das instituições, organismos políticos e partidos, assim como, do movimento social, instância em que ela foi ressignificada a partir de elementos da vida material, que envolviam diretamente, no momento em questão, a problemática do direito a terra, do direito a educação e cultura e dos direitos do trabalho.

Palavras-chave: Camponeses. Cultura popular. Educação de adultos. Escola rural.

ABSTRACT

In this on the radio waves: popular culture, peasants and the Basic Education Movement we analyze the participation of peasants of the Brazilian northeastern region in the Basic Education Movement. The focus of this thesis is to demonstrate how the labors involved with broadcast schools have elaborated actions for maintaining and spreading the schools in their communities, in order to achieve the necessary means to improve their way of life. Peasants of the Basic Education Movement have been coadjvant of the modernizing catholic proposition of the early 1960s, by means of quite peculiar political and cultural representations. Some of these representations were: a meaning for the school, a role for the union and for the political participation, precepts of the land use rights and labor rights, and the multiple meanings of the radio as a mass communication, information and leisure medium. This study intends to stress that the actions – and the political enrollment – of the northeastern peasant could not ever be separated from the modernizing process. The connection can be observed in different social movements of the period, such as the Basic Education Movement, rural unions, the Catholic Agrarian Youth and the MCP. In this sense, we consider that, if the Brazilian modernization was a guideline for the institutions, political organisms and parties for the social movement, such a modernization was a guideline of demands based on elements of material life. Those elements included, by that time, the agrarian reform, the educational issue and labor urgencies.

Keywords: Adult education. Community schools. Peasants. Popular culture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fotografia da reitoria da Universidade Federal do Ceará	15
Figura 2 – Gráfico da Atmosfera Superior	16
Figura 3 – Gráfico de tensão considerando a impedância humana	23
Figura 4 – Produção anual das dissertações de mestrado e teses de doutorado entre os anos de 1990 e 2008	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Um Exemplo de tabela alinhada que pode ser longa ou curta	17
Tabela 2 – Notas dos participantes nas avaliações A, B e C	24

LISTA DE SÍMBOLOS

A_e	Área efetiva da antena
B	Largura de faixa em que o ruído é medido em Hertz
d	Distância em metros
E	Campo elétrico
FA	Fator da antena
Gr	Ganho de recepção
h	Altura efetiva ou comprimento efetivo de uma antena
I	Corrente elétrica
k	Constante de Boltzmann's
K	Eficiência de irradiação
M	Variação do patamar de ruído em função da RBW
N	Condutor de neutro
NF	Figura de ruído
Ni	Potência do ruído na entrada
No	Potência do ruído na saída
P	Potência
R	Resistência
Si	Potência do sinal na entrada
So	Potência do sinal na saída
t	Tempo
V	Tensão
ZL	Impedância da antena
Zo	Impedância de referência (50Ω)
λ	Comprimento de onda
Γ	Coeficiente de reflexão

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	TÍTULO DO SEGUNDO CAPÍTULO	13
2.1	Citações bibliográficas	13
2.2	Inserindo figuras	14
2.3	Inserindo tabelas	17
2.3.1	<i>Exemplo de subseção</i>	17
2.3.2	<i>Uso de siglas</i>	18
3	METODOLOGIA	19
3.1	Exemplo de alíneas	19
3.2	Usando Fórmulas Matemáticas	20
3.3	Usando Código-fonte	22
3.4	Usando Teoremas, Proposições, etc	22
3.5	Usando Questões	22
4	RESULTADOS	23
4.1	Resultados do Experimento A	23
4.2	Resultados do Experimento B	24
5	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	26
	REFERÊNCIAS	27
	APÊNDICES	28
	APÊNDICE A – Exemplo de apêndice	28
	APÊNDICE B – Questionário utilizado para...	29
	APÊNDICE C – Códigos-fontes utilizados para...	30
	APÊNDICE D – IEEE CEFC 2016	31
	ANEXOS	33
	ANEXO A – Exemplo de um anexo	33
	ANEXO B – Exemplo de um anexo em PDF	34
	ÍNDICE	37

1 INTRODUÇÃO

Para começar a utilizar este *template*, siga o tutorial clicando no seguinte *link*:
[<https://biblioteca.ufc.br/wp-content/uploads/2015/09/tutorial-sharelatex.pdf>](https://biblioteca.ufc.br/wp-content/uploads/2015/09/tutorial-sharelatex.pdf)

Neste *template*, o autor irá encontrar diversas instruções e exemplos dos recursos do uso do L^AT_EX na plataforma *Overleaf*. O L^AT_EX foi desenvolvido, inicialmente, na década de 80, por Leslie Lamport e é utilizado amplamente na produção de textos matemáticos e científicos, devido a sua alta qualidade tipográfica (GOOSSENS *et al.*, 1994).

O *ShareLatex* é uma plataforma *online* que pode ser acessado por meio de qualquer navegador de internet até mesmo de um *smartphone*. Essa plataforma dispensa a instalação de aplicativos no computador para desenvolver trabalhos em L^AT_EX. Também, não é necessário instalar *packages*, ou seja, pacotes que permitem diferentes efeitos na formatação e no visual do trabalho. Todos os *packages* que este *template* utiliza são encontrados *online*.

Apresentam-se, também, neste modelo, algumas orientações de como desenvolver um trabalho acadêmico. Entretanto, este arquivo deve ser editado pelo autor de acordo com o seu trabalho sendo que a formatação já está de acordo com o aceito pela Universidade Federal do Ceará.

A introdução, tem como finalidade, dar ao leitor uma visão concisa do tema investigado, ressaltando-se o assunto de forma delimitada, ou seja, enquadrando-o sob a perspectiva de uma área do conhecimento, de forma que fique evidente sobre o que se está investigando; a justificativa da escolha do tema; os objetivos do trabalho; o objeto de pesquisa que será investigado. Observe que não se divide a introdução em seções, mas a mesma informa como o trabalho ao todo está organizado.

2 TÍTULO DO SEGUNDO CAPÍTULO

Alguns autores preferem fazer uma “fundamentação teórica” no segundo capítulo, outros, preferem fazer uma “revisão da literatura”. Entretanto, isto é particular de cada trabalho e o autor deve escolher o título mais adequado para o capítulo. Consultar o orientador é importante para determinar o título apropriado.

Evite começar da seção secundária, ou seja, não passe direto do título do capítulo para o título da seção secundária. Escreva um texto para introduzir as seções subsequentes. Lembre-se de utilizar primeira letra maiúscula quando estiver se referindo a um objeto com numeração específica como capítulo, seção, subseção, figura, tabela, quadro, equação, normalmente, se escreve a primeira letra maiúscula da palavra do objeto seguido do *label*. Por exemplo, a Seção 2.1 explica como fazer citações bibliográficas. Observe no código fonte deste texto como foi feita a referência cruzada. Isso permite enumerar a seção do modo automático o que facilita caso novas seções sejam criadas.

2.1 Citações bibliográficas

Esta frase mostra como citar um livro sobre descargas atmosféricas (RAKOV; UMAN, 2003). Também podem ser citados *sites* como GRUPO DE ELETRICIDADE ATMOSFÉRICA (2015). Você precisa escrever o código da referência no arquivo "referencia.bib" dentro da pasta "elementos-pos-textuais". Veja esse, onde estão alguns exemplos que já foram testados.

TÉCNICAS, 2002).

Outro tipo de citação é a citação literal ou direta com mais de três linhas. Este tipo de citação deve ser destacada com recuo de 4 cm da margem esquerda com letra menor (tamanho 10), sem aspas e com espaçamento simples. Para exemplificar esse tipo de citação, considere a afirmação de Feitosa (2016):

A cultura é o processo através do qual o homem cria o algo onde antes imperava o nada. Esse algo é toda complexidade de criações simbólicas, de sentidos e significados que damos às coisas e ao mundo. Um “algo” que não se sustenta se não se entender os processos culturais como mecanismos de mediação entre nós e os fenômenos. Assim, mais do que apenas um elemento da comunicação, a mediação é, por excelência, cultural. As diversas modalidades de mediação são apenas sotaques diferenciados dessa mediação cultural. Assim é a mediação informacional.

A afirmação do parágrafo anterior também pode ser reproduzida com a citação final como mostra o exemplo a seguir:

A cultura é o processo através do qual o homem cria o algo onde antes imperava o nada. Esse algo é toda complexidade de criações simbólicas, de sentidos e significados que damos às coisas e ao mundo. Um “algo” que não se sustenta se não se entender os processos culturais como mecanismos de mediação entre nós e os fenômenos. Assim, mais do que apenas um elemento da comunicação, a mediação é, por excelência, cultural. As diversas modalidades de mediação são apenas sotaques diferenciados dessa mediação cultural. Assim é a mediação informacional. (FEITOSA, 2016).

2.2 Inserindo figuras

A Figura 1 apresenta a fotografia da reitoria da Universidade Federal do Ceará. Observe a estrutura do código para ver como inserir figuras. No título, comece especificando o tipo de figura. Por exemplo, fotografia, desenho, diagrama, fluxograma, gráfico e etc. O espaçamento entre linhas no título é de *1 pt* (espaçamento simples), apenas a primeira letra da frase é maiúscula. As demais palavras são escritas com letra maiúsculas somente quando são nomes próprios e não há ponto final.

As margens do título da figura são delimitadas pelo tamanho da figura. Por isso, procure ajustar o tamanho da figura para preencher a largura delimitada pelas margens esquerda e direita da página que possui 16 *cm* de largura. Não esqueça de indicar fonte da figura. O autor deve evitar deixar figuras pequenas menores do que 7 *cm* de largura.

A posição da figura deve ser o mais próximo logo após ter sido chamada no texto (a figura nunca deve aparecer antes de ter sido anunciada no texto).

Figura 1 – Fotografia da reitoria da Universidade Federal do Ceará



Fonte: Universidade Federal do Ceará (2012).

Texto1 texto
texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto
texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto1.

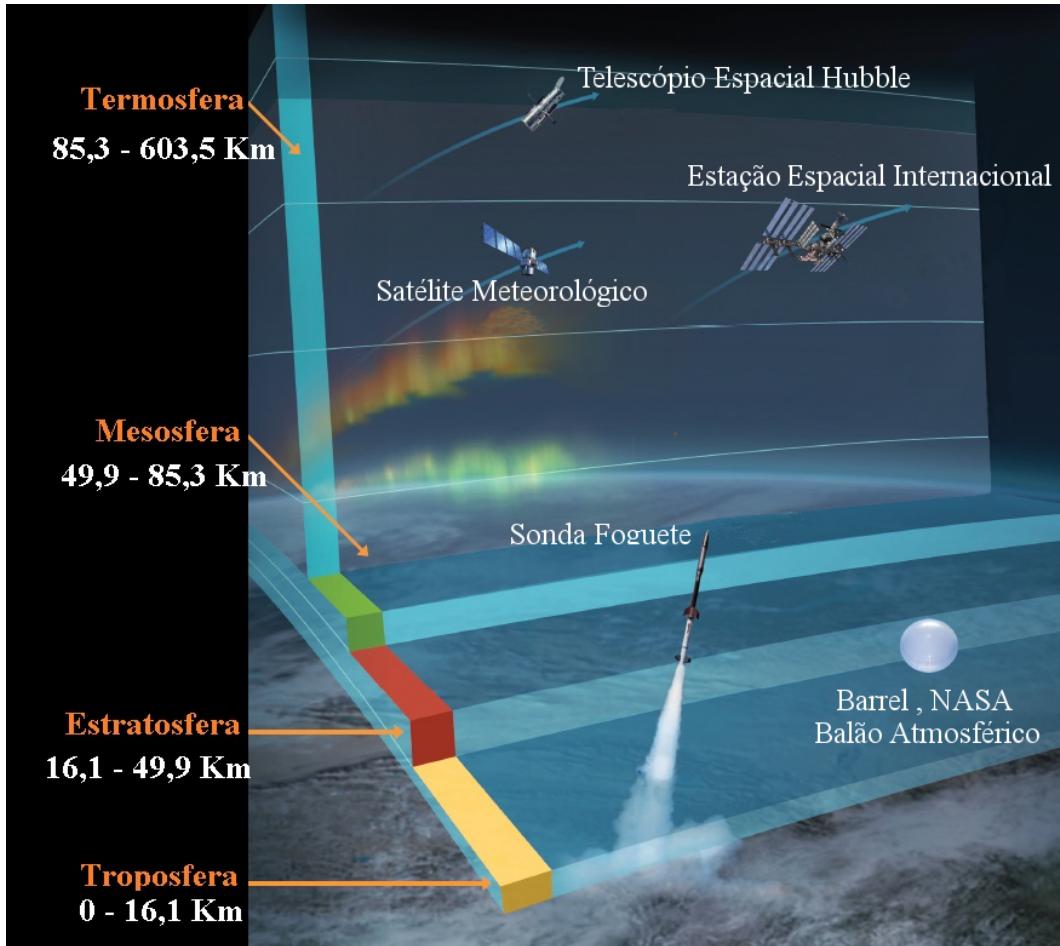
Texto2 texto
texto texto texto texto. Texto
texto texto texto texto texto texto2.

Texto3 texto
texto texto texto texto. Texto
texto texto texto texto texto texto3.

Texto4 texto texto

texto texto texto texto. Texto
texto texto texto texto texto texto4.

Figura 2 – Gráfico da Atmosfera Superior



Fonte: adaptado da Administração Nacional do Espaço e Aeronáutica (2016).

Texto5 texto
texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto
texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto5.

Texto6 texto
texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto
texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto5.

texto
texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto6.

Evite terminar seções, capítulos e etc com figura. Procure escrever mais.

2.3 Inserindo tabelas

A Tabela 1... texto
texto texto texto texto texto texto. Texto texto texto texto texto texto texto texto texto
texto texto texto texto texto texto texto.

Tabela 1 – Um Exemplo de tabela alinhada que pode ser longa ou curta

Nome	Nascimento	Documento
Maria da Silva	11/11/1111	111.111.111-11
Maria da Silva	11/11/1111	111.111.111-11
Maria da Silva	11/11/1111	111.111.111-11

Fonte: o autor.

Nota: esta é uma nota, que diz que os dados são baseados na regressão linear.

Anotações: uma anotação adicional, seguida de várias outras.

2.3.1 Exemplo de subseção

Texto
texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto
texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto.

- Integer non lacinia magna. Aenean tempor lorem tellus, non sodales nisl
modo ut
- Proin mattis placerat risus sit amet laoreet. Praesent sapien arcu, maximus ac
fringilla efficitur, vulputate faucibus sem. Donec aliquet velit eros, sit amet
elementum dolor pharetra eget
- Integer eget mattis libero. Praesent ex velit, pulvinar at massa vel, fermentum
dictum mauris. Ut feugiat accumsan augue, et ultrices ipsum euismod vitae
 - Integer non lacinia magna. Aenean tempor lorem tellus, non sodales nisl
commodo ut

- Proin mattis placerat risus sit amet laoreet.

2.3.2 Uso de siglas

Para utilizar siglas, primeiro defina a sigla no arquivo "lista-de-abreviaturas-e-siglas" dentro da pasta "1-pre-textuais" com o comando

```
\newacronym{ABNT}{ABNT}{Associação Brasileira de Normas Técnicas}
```

Depois chame a sigla com o comando:

```
\gls{ABNT}
```

Fica assim: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A primeira vez que o comando é usado para uma determinada sigla, aparece o significado por extenso da sigla com a sua abreviação em seguida. A partir da segunda vez que o comando para uma determinada sigla é usado, aparece apenas a sigla. Por exemplo: ABNT.

Veja o código fonte de outros exemplos: Teste de siglas Tem que Escrever a Sigla no Texto (TEST), outros exemplos de siglas: descargas atmosféricas (DAs), modelo do circuito elétrico global (MCEG). Repare que sempre as siglas estão sendo definidas primeiramente no arquivo “lista-de-abreviaturas-e-siglas”.

3 METODOLOGIA

32

3.1 Exemplo de alíneas

Texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto.

Exemplo de alíneas com números:

1. Texto texto texto texto texto texto texto texto texto ..
 2. Texto texto texto texto texto texto texto texto texto ..
 3. Texto texto texto texto texto texto texto texto texto ..
 4. Texto texto texto texto texto texto texto texto texto ..
 5. Texto texto texto texto texto texto texto texto texto ..
 6. Texto texto texto texto texto texto texto texto texto ..

texto texto texto.

Ou então figuras podem ser incorporadas de arquivos externos, como é o caso da Figura 4. Se a figura que ser incluída se tratar de um diagrama, um gráfico ou uma ilustração que você mesmo produza, priorize o uso de imagens vetoriais no formato PDF. Com isso, o tamanho do arquivo final do trabalho será menor, e as imagens terão uma apresentação melhor, principalmente quando impressas, uma vez que imagens vetoriais são perfeitamente escaláveis para qualquer dimensão. Nesse caso, se for utilizar o Microsoft Excel para produzir gráficos, ou o Microsoft Word para produzir ilustrações, exporte-os como PDF e os incorpore ao documento conforme o exemplo abaixo. No entanto, para manter a coerência no uso de software livre (já que você está usando LaTeX e abnTeX), teste a ferramenta InkScape, ao CorelDraw ou ao Adobe Illustrator. De todo modo, caso não seja possível utilizar arquivos de imagens como PDF, utilize qualquer outro formato, como JPEG, GIF, BMP, etc. Nesse caso, você pode tentar aprimorar as imagens incorporadas com o software livre Gimp. Ele é uma alternativa livre ao Adobe Photoshop.

3.2 Usando Fórmulas Matemáticas

Para escrever um símbolo matemático no texto, escreva símbolo entre cífrões, por exemplo, α , β e γ são símbolos do alfabeto grego. Se você quiser inserir equações enumeradas, siga a estrutura de

$$k_{n+1} = n^2 + k_n^2 - k_{n-1}. \quad (3.1)$$

Observe a pontuação, pois a equação faz parte da frase e do parágrafo. Como a equação faz parte da frase, não se utiliza o *label* numérico 3.1.

Quando for citar a Equação 3.1 novamente no texto, utiliza-se o *label* numérico. Repare que a palavra “Equação” foi escrita com “E” maiúsculo.

Um exemplo de equações com frações é dado por

$$x = a_0 + \cfrac{1}{a_1 + \cfrac{1}{a_2 + \cfrac{1}{a_3 + \cfrac{1}{a_4}}}}. \quad (3.2)$$

$$k_{n+1} = n^2 + k_n^2 - k_{n-1}. \quad (3.3)$$

$$\cos(2\theta) = \cos^2 \theta - \sin^2 \theta. \quad (3.4)$$

$$A_{m,n} = \begin{pmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & \cdots & a_{1,n} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & \cdots & a_{2,n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m,1} & a_{m,2} & \cdots & a_{m,n} \end{pmatrix}. \quad (3.5)$$

$$f(n) = \begin{cases} n/2 & \text{if } n \text{ is even} \\ -(n+1)/2 & \text{if } n \text{ is odd} \end{cases} . \quad (3.6)$$

3.3 Usando Código-fonte

Um exemplo de código-fonte, ou código de programação encontra-se no Apêndice A

3.4 Usando Teoremas, Proposições, etc

Texto
texto texto texto texto texto texto texto texto texto.

Teorema 3.4.1 (Pitágoras) *Em todo triângulo retângulo o quadrado do comprimento da hipotenusa é igual a soma dos quadrados dos comprimentos dos catetos. Usando o Apêndice ??*

Teorema 3.4.2 (Fermat) *Não existem inteiros $n > 2$, e x, y, z tais que $x^n + y^n = z$*

Proposição 3.4.3 *Para demonstrar o Teorema de Pitágoras...*

Texto texto.

Exemplo 1 Este é um exemplo do uso do ambiente `exem` definido acima.

Texto texto.

Definição 3.4.1 Definimos o produto de ...

3.5 Usando Questões

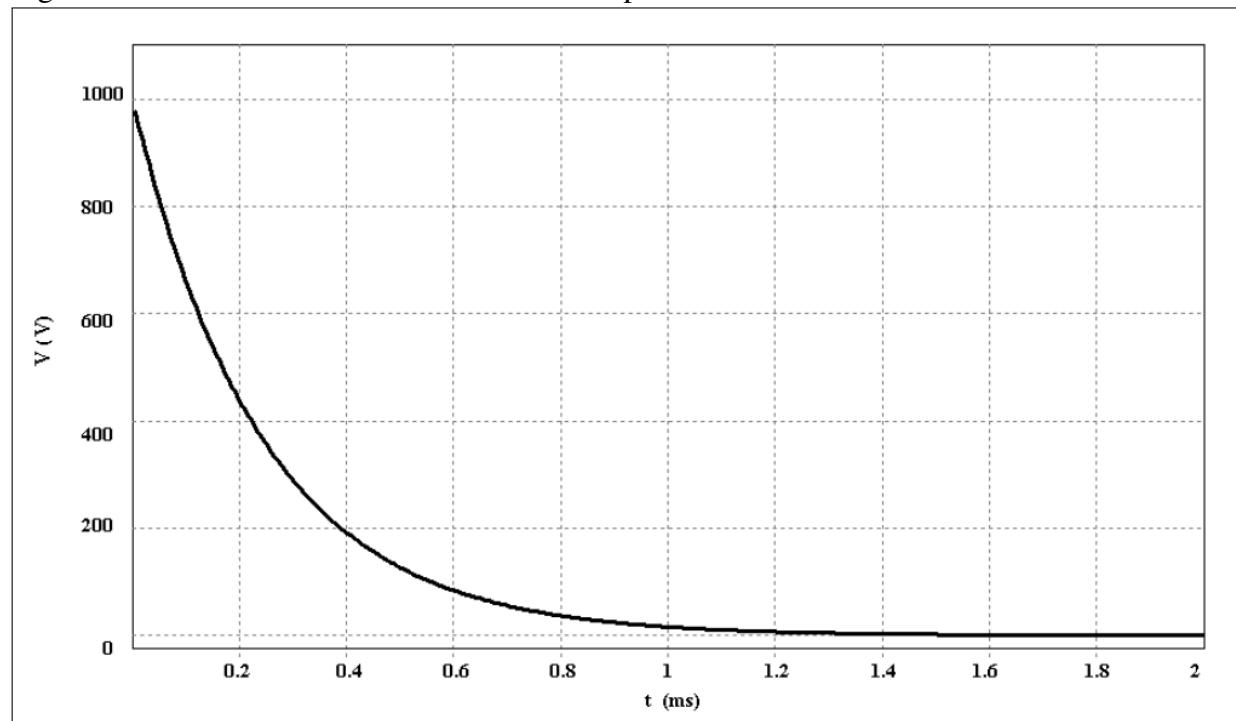
Um exemplo de questionário encontra-se no Apêndice B.

4 RESULTADOS

4.1 Resultados do Experimento A

Procure deixar as figuras dos resultados o maior possível preenchendo a largura do texto do documento que possui 16 cm.

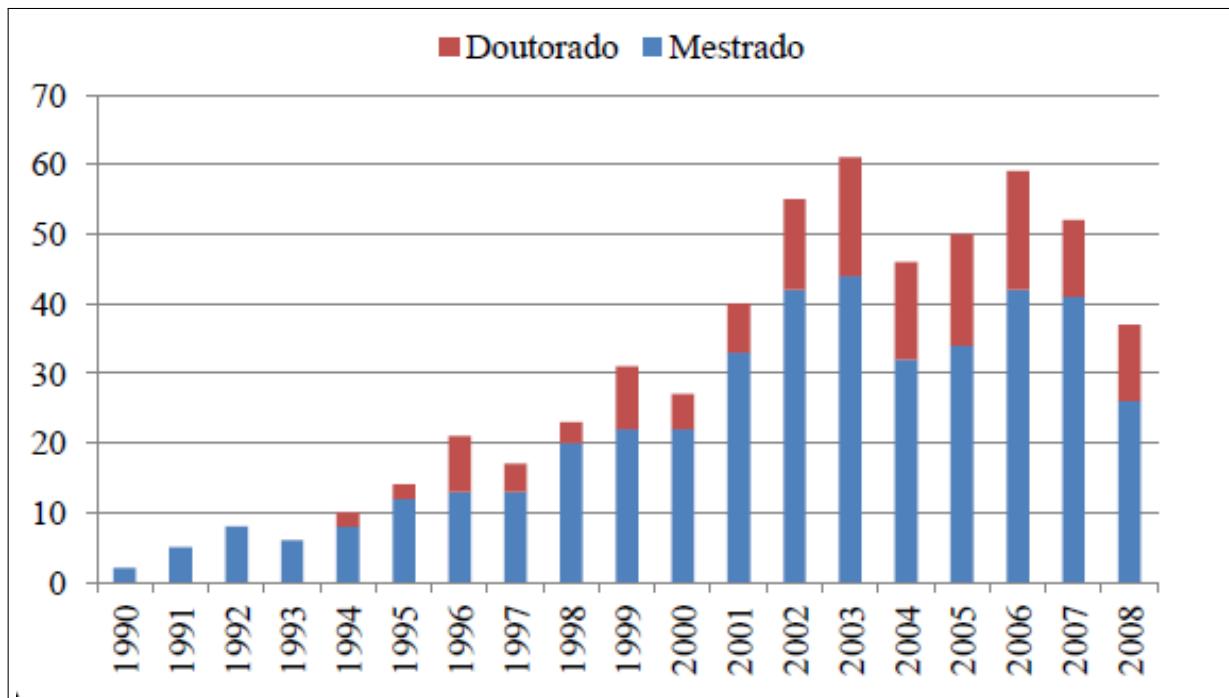
Figura 3 – Gráfico de tensão considerando a impedância humana



Fonte: elaborado pelo autor (2016).

Texto texto

Figura 4 – Produção anual das dissertações de mestrado e teses de doutorado entre os anos de 1990 e 2008



Fonte: elaborado pelo autor (2016).

texto texto texto texto texto.

4.2 Resultados do Experimento B

Texto ..

Tabela 2 – Notas dos participantes nas avaliações A, B e C

Identificação dos participantes	Avaliação A	Avaliação B	Avaliação C
Participante 1	7	9	10
Participante 2	8	2	1
Participante 3	5	10	6
Participante 4	3	1	4
Participante 5	2	4	1
Participante 6	0	7	2

Fonte: elaborado pelo autor (2016).

5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Parte final do texto na qual se apresentam as conclusões apoiadas no desenvolvimento do assunto. É a recapitulação sintética dos resultados obtidos. Pode apresentar recomendações e sugestões para pesquisas futuras.

APÊNDICE A – EXEMPLO DE APÊNDICE

Um apêndice é um documento elaborado pelo autor, diferentemente do anexo. Geralmente, se coloca como apêndice, questionários, códigos de programação, tabelas que tomariam muito espaço no meio do trabalho. Artigos, resumos ou qualquer publicação relacionada ao trabalho podem ser utilizados como apêndice.

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO UTILIZADO PARA...

Questão 1. Esta é a primeira questão com alguns itens:

- (a) Este é o primeiro item
- (b) Segundo item

Questão 2. Esta é a segunda questão:

- (a) Este é o primeiro item
- (b) Segundo item

Questão 3. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nunc dictum sed tortor nec viverra. consectetur adipiscing elit. Nunc dictum sed tortor nec viverra.

- (a) consectetur
- (b) adipiscing
- (c) Nunc
- (d) dictum

APÊNDICE C – CÓDIGOS-FONTES UTILIZADOS PARA...

Código-fonte 1 – Hello World em C++

```
1 #include <iostream>
2 using namespace std;
3 int main() {
4     cout<<"Hello World!"<<endl;
5     system("pause");
6 }
```

Código-fonte 2 – Hello World em Java

```
1 public class HelloWorld {
2     public static void main(String[] args) {
3         System.out.println("Hello World!");
4     }
5 }
```

APÊNDICE D – IEEE CEFC 2016

Digest submetido ao The 17th Biennial Conference on Electromagnetic Field Computation, Miami FL - NOV 13-16, 2016, USA.

Lightning Incidence Model Based on the Electric Field Gradient: 3D Electrostatic Analyses

Ednardo M. Rodrigues, Ricardo S. T. Pontes and Tobias R. Fernandes Neto

Federal University of Ceará, Department of Electrical Engineering, Fortaleza CE, BRAZIL
ednardorodrigues@dee.ufc.br

Abstract— The paper deals with the 3D electrostatic analysis of a lightning strike in a hangar and a power transmission line. The lightning incidence model is based on the electric field gradient. Finally, the simulation results are described and discussed.

Index Terms— Lightning, Electrostatic, Finite element.

I. INTRODUCTION

In [1], a 2D electrostatic analysis of a new lightning incidence model based on the electric field gradient (EFG) was presented. Moreover, the simulations results were carried out for a building and a power transmission line and they were compared with the classical electrogeometrical model (EGM), the rolling-sphere technique (RST) and the leader progression model (LPM) [2]. The present paper estimates the trajectory of lightning strikes from the thundercloud to a grounded metal roof of a hangar. Furthermore, the same procedure will be carried out for 500kV power transmission lines.

II. ELECTROSTATIC ANALYSES

A lightning occurs when the electric field is higher than the breakeven field ($400\text{kV/m} \rightarrow 3\text{MV/m}$) [2]. This model is based on the electric field gradient described by

$$\vec{E}_L(\vec{r}) \approx \vec{E}_b(\vec{r}) + \lambda_t \nabla E_b(\vec{r}), \quad (1)$$

$\vec{E}_b(\vec{r})$ is the background electric field, which is function of the position \vec{r} and it is generated by the electric potential difference (EPD) between the cloud and the ground. λ_t is the lightning step length ($\sim 50\text{m}$) [3], and $\vec{E}_L(\vec{r})$ is the lightning electric field. More details about Eq. (1) can be found in [1].

A 3D finite element method (FEM) model of a hangar and a power transmission line (TL) were designed by using the electrostatic module. All simulations were carried out within a cubic domain of $250\text{m} \times 250\text{m} \times 250\text{m}$. The upper level of each domain is defined with -12.5MV , while the lower level is the ground. This is equivalent to a real thundercloud with a potential of (-100MV) at 2km of altitude [4].

The dimensions of the hangar are: 8.60m height, 77.37m width and 229.00m length. The aluminum metal roof has 0.7mm thickness and it is grounded. The second simulation is for a TL composed by three phase conductors, equally spaced by 11.5m and positioned at 40.5m above the reference plane. The TLs are protected by two earth wires spaced by 19m over 54.47m of the reference plane.

III. RESULTS

In order to evaluate the 3D model, the software COMSOL Multiphysics® was used in a computer with quad-core processor of 2.6GHz . For the hangar, the simulation time was around 4s . The necessary physical memory for the simulation

was 1.34GB and 5.6GB of virtual memory. The electric field is very intense at the roof (about 80MV/m) and the lightning (cyan lines) strikes the building roof, as shown in Fig. 1a. In summary, it is not necessary to add air terminals, as long the roof is grounded. The simulation time for the TL was around 6 min , using 15GB of physical memory and 32GB of virtual memory. As shown in Fig 1b, the cyan lines strike the earth wires.

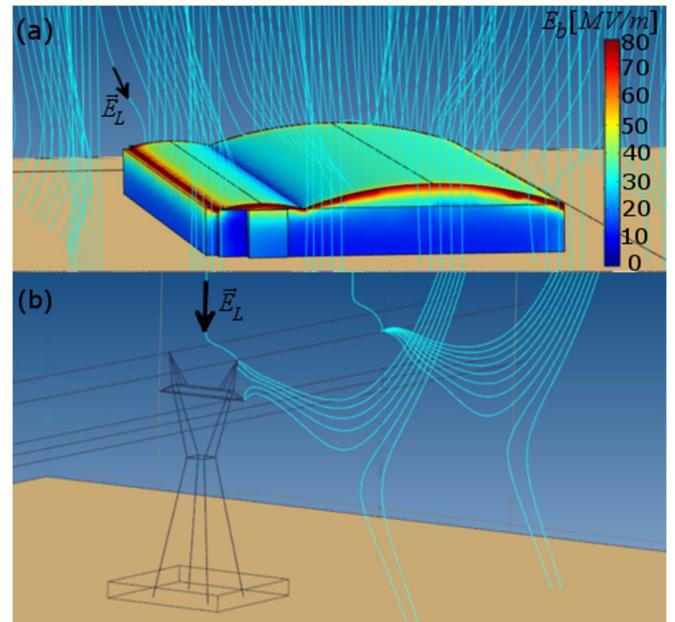


Fig. 1. Case of studies: (a) hangar and (b) power transmission line.

IV. CONCLUSIONS

The EFG simulations predicted that the aluminum metal roof is able to protect the hangar against lightning strikes. In the TL simulation, the earth wires have fulfilled the protection for the phase conductors. Finally, the protection zone and the design of lightning protection system can be evaluated by 3D electrostatic analyses, which are closer to the reality than the 2D analyses. However, 3D models are often more complex and require more simulation time.

REFERENCES

- [1] E. M. Rodrigues, *Novel Lightning Incidence Model Based on the Electric Field Gradient: 2D Electrostatic Analyses*. GROUND'2016 & 7th LPE. 2016.
- [2] V. Cooray, *Lightning protection*, The Institution of Engineering and Technology. 2009.
- [3] V.A. Rakov and M. A. Uman, *Lightning: physics and effects*. Cambridge University Press. 2007.
- [4] S. Visacro, *Descargas atmosféricas: Uma Abordagem de Engenharia (Lightning strike: An Engineering approach)*, Artliber, 2005.

ANEXO A – EXEMPLO DE UM ANEXO

Um anexo é um documento que não foi elaborado pelo autor, ou seja, o autor apenas anexa. Anexos podem ser tabelas, mapas, diagramas, *datasheets*, manuais e etc.

ANEXO B – EXEMPLO DE UM ANEXO EM PDF

O autor pode anexar um *Portable Document Format* (PDF), traduzido como formato portátil de documento. Veja o código fonte utilizado para anexar o arquivo “Sikasil.pdf” que foi colocado dentro da pasta “anexos” que por sua vez está dentro da pasta “elementos-pos-textuais”. Tenha muita atenção na hora de especificar o local do arquivo. Recomenda-se não utilizar caracteres especiais para nomear pastas e, principalmente, arquivos.

Pode-se fazer uma descrição sucinta do arquivo anexado.

Industry

Sikasil® GS-630

Glazing sealant for structural & non-structural use

Technical Product Data

Chemical base	1-C silicone	
Color (CQP ¹ 001-1)	See Product Overview	
Cure mechanism	Moisture-curing	
Cure type	Neutral	
Density (uncured) (CQP 006-4)	1.4 kg/l approx.	
Non-sag properties (CQP 061-4 / ISO 7390)	< 2 mm approx.	
Application temperature	5 - 40°C (41 - 104°F)	
Skin time ² (CQP 019-2)	10 min approx.	
Tack-free time ² (CQP 019-1)	60 min approx.	
Curing speed (CQP 049-1)	See diagram 1	
Shore A-hardness (CQP 023-1 / ISO 868)	32 approx.	
Tensile strength (CQP 036-1 / ISO 37)	1.2 N/mm ² approx.	
Elongation at break (CQP 036-1 / ISO 37)	480% approx.	
Tear propagation resistance (CQP 045-1 / ISO 34)	6 N/mm approx.	
100% modulus (CQP 036-1 / ISO 37)	0.6 N/mm ² approx.	
Movement accommodation capability (ASTM C 719)	±50%	
Thermal resistance (CQP 513-1)	long term	180°C (356°F) approx.
Short term	4 h	200°C (392°F) approx.
	1 h	220°C (428°F) approx.
Service temperature		-40 - 150°C approx. (-40 - 302°F)
Shelf life (storage below 25°C) (CQP 016-1)	15 months	

¹⁾ CQP = Corporate Quality Procedure

²⁾ 23°C (73°F) / 50% r.h.

Description

Sikasil® GS-630 is a durable, neutral-curing silicone sealant and adhesive which combines mechanical strength with high elongation. It adheres excellent to a wide range of substrates. Sikasil® GS-630 is manufactured in accordance with ISO 9001 quality assurance system and the responsible care program.

Product Benefits

- Outstanding UV and weathering resistance
- Excellent adhesion to glass, coated glass, metals and plastics
- Fast curing
- Long-term durability
- High movement capability

Areas of Application

Sikasil® GS-630 is a silicone sealant and adhesive designed for sealing, bonding and mending tasks in a wide variety of industrial applications, e. g. structural and nonstructural applications in facades.

This product is suitable for professional experienced users only. Tests with actual substrates and conditions have to be performed to ensure adhesion and material compatibility.



Cure Mechanism

Sikasil® GS-630 cures by reaction with atmospheric moisture. The reaction thus starts at the surface and proceeds to the core of the joint. The curing speed depends on the relative humidity and the temperature (see diagram 1 below). Heating above 50°C to speed-up the vulcanization is not advisable as it may lead to bubble formation. At low temperatures the water content of the air is lower and the curing reaction proceeds more slowly.

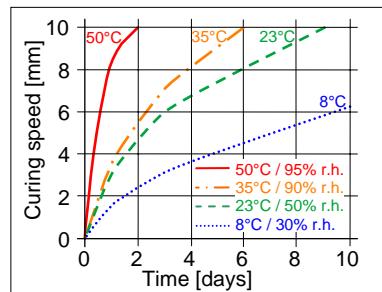


Diagram 1: Curing speed 1C-Sikasil®

Application Limits

All Sikasil® WS, FS, SG, IG, WT and other engineering silicone sealants and adhesives are compatible with each other. Sikasil® WS and FS sealants as well as other Sika engineering silicone sealants are compatible with SikaGlaze® IG sealants. All other sealants have to be approved by Sika before using them in combination with Sikasil® GS-630. Where two or more different reactive sealants are used, allow the first to cure completely before applying the next.

Do not use Sikasil® GS-630 on pre-stressed polyacrylate and polycarbonate elements as it may cause environmental stress cracking (crazing).

The compatibility of gaskets, backer rods and other accessory materials with Sikasil® GS-630 must be tested in advance.

Joints deeper than 15 mm should be avoided.

The above information is offered for general guidance only. Advice on specific applications will be given on request.

Method of Application

Surface preparation

Surfaces must be clean, dry and free from oil, grease and dust. Advice on specific applications and surface pretreatment methods is available from the Technical Service Department of Sika Industry.

Application

After suitable joint and substrate preparation, Sikasil® GS-630 is gunned into place. Joints must be properly dimensioned as changes are no longer possible after construction. For optimum performance the joint width should be designed according to the movement capability of the sealant based on the actual expected movement. The minimum joint depth is 6 mm and a width / depth ratio of 2:1 must be respected if used for weatherproofing. For backfilling it is recommended to use closed cell, sealant compatible foam backer rods e.g. high resilience polyethylene foam rod. If joints are too shallow for backing material to be employed, we recommend using a polyethylene tape. This acts as a release film (bond breaker), allowing the joint to move and the silicone to stretch freely.

For more information please contact the Technical Service Department of Sika Industry.

Tooling and finishing

Tooling and finishing must be carried out within the skin time of the adhesive.

When tooling freshly applied Sikasil® GS-630 press the adhesive to the joint flanks to get a good wetting of the bonding surface.

Removal

Uncured Sikasil® GS-630 may be removed from tools and equipment with Sika® Remover-208 or another suitable solvent. Once cured, the material can only be removed mechanically.

Hands and exposed skin should be washed immediately using Sika® Handclean Towel or a suitable industrial hand cleaner and water. Do not use solvents!

Overpainting

Sikasil® GS-630 cannot be over-painted.

Further Information

Copies of the following publications are available on request:

- Material Safety Data Sheet

Packaging Information

Unipack	600 ml
Cartridge	300 ml
Pail	26 kg
Drum	280 kg

Value Bases

All technical data stated in this Product Data Sheet are based on laboratory tests. Actual measured data may vary due to circumstances beyond our control.

Health and Safety Information

For information and advice regarding transportation, handling, storage and disposal of chemical products, users should refer to the actual Material Safety Data Sheets containing physical, ecological, toxicological and other safety-related data.

Legal Notes

The information, and, in particular, the recommendations relating to the application and end-use of Sika products, are given in good faith based on Sika's current knowledge and experience of the products when properly stored, handled and applied under normal conditions in accordance with Sika's recommendations. In practice, the differences in materials, substrates and actual site conditions are such that no warranty in respect of merchantability or of fitness for a particular purpose, nor any liability arising out of any legal relationship whatsoever, can be inferred either from this information, or from any written recommendations, or from any other advice offered. The user of the product must test the product's suitability for the intended application and purpose. Sika reserves the right to change the properties of its products. The proprietary rights of third parties must be observed. All orders are accepted subject to our current terms of sale and delivery. Users must always refer to the most recent issue of the local Product Data Sheet for the product concerned, copies of which will be supplied on request.

Further information available at:
www.sika.ch
www.sika.com

Sika Schweiz AG
Industry
Tüffenwies 16
CH-8048 Zurich
Switzerland
Tel. +41 44 436 40 40
Fax +41 44 436 45 30

