



CENTRO DE DESENVOLVIMENTO
DA TECNOLOGIA NUCLEAR

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA NUCLEAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DAS RADIAÇÕES,
MINERAIS E MATERIAS

Projeto de Tese ou Dissertação

**TÍTULO DA TESE OU DISSERTAÇÃO DEVE SER
ESCRITO NESTA PARTE**

NOME DO(A) AUTOR(A)

BELO HORIZONTE/MG
2024

NOME DO(A) AUTOR(A)

TÍTULO DA TESE OU DISSERTAÇÃO DEVE SER ESCRITO NESTA PARTE

Projeto de Tese ou Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia das Radiações, Minerais e Materiais do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre ou Doutor em Ciência e Tecnologia das Radiações, Minerais e Materiais.

Área de Concentração: INSERIR ÁREA DE CONCENTRAÇÃO

Orientador: Prof. Dr(a). Nome do(a) orientador(a)
Coorientador: Prof. Dr(a). Nome do(a) coorientador(a)

*“O começo de todas as ciências é o espanto de
as coisas serem o que são.”*

(Aristóteles)

Resumo

O resumo deve apresentar, necessariamente, elementos da introdução, dos objetivos, da metodologia ou materiais e métodos, dos resultados e das conclusões ou considerações finais do documento. O texto do resumo deve ser corrido, formado por frases concisas, afirmativas, simples e coerentes e, de preferência, em parágrafo único. O texto deve estar redigido na 3ª pessoa do singular, com verbo na voz ativa. Exemplo: “Este trabalho apresenta uma análise sobre Verificou-se que, diante do cenário de incertezas. . .”. Evite apresentar citações bibliográficas, tabelas, quadros ou esquemas no seu resumo simples. As palavras-chave devem figurar logo abaixo do resumo, antecedidas da expressão Palavras-chave:, separadas entre si por ponto e finalizadas também por ponto. O número de palavras-chave recomendado é de, no mínimo, três e de, no máximo, cinco.

Palavras-chave: Palavra-chave 1. Palavra-chave 2. Palavra-chave 3. Palavra-chave 4. Palavra-chave 5.

Lista de Figuras

Figura 1 – Desaceleração e Deformação do Casco	12
Figura 2 – Força de reação (medida no solo)	17

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Orientações dos testes de queda livre	12
Tabela 2 – Pulso medido no cilindro externo em $G's$	17
Tabela 3 – Cronograma das atividades previstas	18

Lista de Abreviaturas e Siglas

CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
RMB	Reator Multipropósito Brasileiro
IAEA	International Atomic Energy Agency
MEF	Método dos Elementos Finitos
FEA	Finite Element Analysis
PU	Poliuretano

Lista de Símbolos

Γ	Letra grega Gama
λ	Comprimento de onda
\in	Pertence

Sumário

1 – INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivos	13
1.1.1 Objetivo Geral	13
1.1.2 Objetivos Específicos	13
2 – REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1 Base Normativa	14
2.1.1 <i>Drop Tests</i> - Abordagem Numérica	14
3 – METODOLOGIA	15
4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES	17
4.1 Análise das tensões atuantes	17
4.1.1 Queda vertical	17
5 – Cronograma	18
6 – CONCLUSÃO	19
6.1 Trabalhos Futuros	19
Referências	20
Apêndices	21
APÊNDICE A – Nome do apêndice	22
Anexos	23
ANEXO A – Nome do anexo	24

1 INTRODUÇÃO

O presente Template visa facilitar a editoração de tese e dissertações do PPG-CDTN no formato tradicional de documentos acadêmicos e acelerar o processo de homologação. O template em LaTeX é dividido em diversos arquivos e diretórios contendo o conteúdo do documento. O discente deve preencher cada um dos arquivos com seu conteúdo, acompanhando as instruções apresentadas nesse documento.

O discente começa editando o arquivo *capa.tex*, encontrado na pasta *01-elementos-pre-textuais*. Não altere parâmetros de formatação, apenas coloque o conteúdo pedido, conforme instruções encontradas no próprio documento. Todos os documentos desse template apresentam comentários detalhados das funções para melhorar o entendimento e evitar erros.

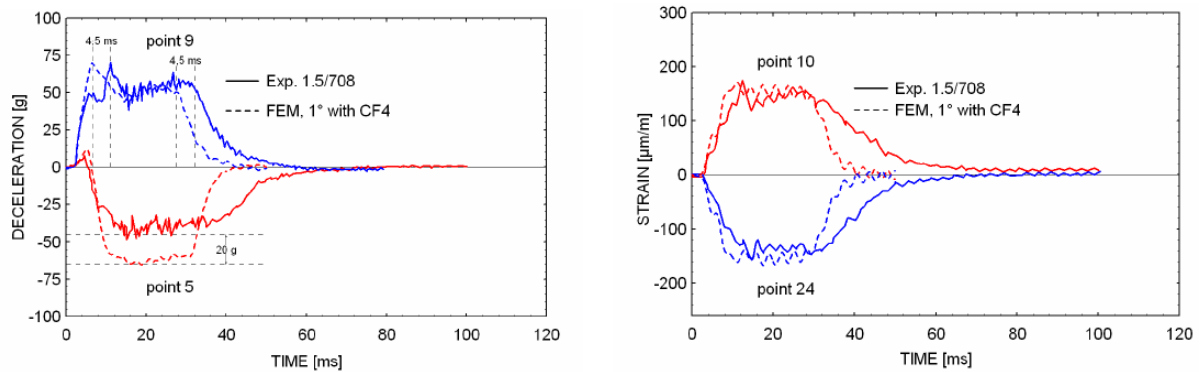
A folha de aprovação é em formato pdf. O arquivo deve ser incluído no diretório *01-elementos-pre-textuais*. Para que ele seja incluído no documento, alterar o nome do arquivo a ser importado no arquivo *Aprovado.tex* encontrado na pasta *01-elementos-pre-textuais*.

A introdução é a parte inicial do texto, onde devem constar: a delimitação do assunto tratado, problema (pergunta) de pesquisa, objetivos, método (tipo de pesquisa, instrumento de coleta de dados, universo e amostra investigada e forma de abordagem dos dados) e justificativa. O conteúdo da introdução deve ser redigido dentro do arquivo *introducao.tex* presente dentro da pasta *02-elementos-textuais*. Nesta seção podem ser inseridas figuras, tabelas, abreviaturas e siglas, símbolos, etc. Uma vez inseridas, as figuras e tabelas serão automaticamente apresentadas nas listas de figuras e tabelas, respectivamente. No entanto, as abreviaturas e siglas, assim como os símbolos utilizados no texto, deverão ser inseridos manualmente de acordo com a ordem em que são apresentados. Para isto, utilize o arquivo "lista-siglas.tex" e "lista-símbolos.tex" presentes na pasta "01-elementos-pre-textuais"

Figuras são inseridas utilizando o comando "`\begin{figure}`". Para que o compilador adicione a figura no texto, primeiro é necessário fazer upload do arquivo que contém a figura. O compilador suporta extensões como *.png*, *.svg*, *.pdf*. Forneça um "rótulo" individual para cada figura usando o comando `\label{rotulo da figura 1}` e use o comando `\autoref{rotulo da figura 1}` para chamá-la no texto.

Como exemplo, a Figura 1 é apresentada a seguir. Note que uma breve descrição de apresentação da figura é inserida usando o comando `\caption{Descrição da figura}` dentro do ambiente "`\begin{figure}`".

Figura 1 – Desaceleração e Deformação do Casco



FONTES: QIAO ET AL. (2007)

Tabelas são inseridas utilizando o comando "`\begin{table}`". Um exemplo de tabela é mostrado a seguir. Lembre-se de adicionar uma breve descrição de apresentação da tabela. Forneça um "rótulo" individual para cada tabela usando o comando `\label{rotulo da tabela 1}` e use o comando `\autoref{rotulo da tabela 1}` para chamá-la no texto. Desta maneira o compilador criará um hiperlink.

Como exemplo, a Tabela 1 é apresentada a seguir. Note que uma breve descrição de apresentação da tabela é inserida usando o comando `\caption{Descrição da tabela 1}` dentro do ambiente "`\begin{table}`".

Tabela 1 – Orientações dos testes de queda livre

Faixa de ângulos	Orientação
$0^\circ < \theta < 15^\circ$	Vertical
$15^\circ < \theta < 75^\circ$	Em ângulo
$75^\circ < \theta < 90^\circ$	Horizontal

Fonte: Próprio autor.

Utilize os comandos "`\cite`" ou "`\citeonline`" para referenciar trabalhos em sua bibliografia. Usando o comando "`\cite`", o modelo de referência implementado é chamado menção simples, como visto a seguir:

A CNEN está desenvolvendo o projeto do Reator Multipropósito Brasileiro, o RMB, que é um reator de pesquisa e produção de radioisótopos. O Reator possuirá uma capacidade de 30 MW de potência térmica e será um reator do tipo piscina aberta que utilizará urânio de baixo enriquecimento como combustível principal (PERROTTA, 2014).

Também é possível fazer citações literais do texto referência utilizando o `\begin{citacao}`, como mostrado a seguir.

A CNEN está desenvolvendo o projeto do Reator Multipropósito Brasileiro, o RMB, que é um reator de pesquisa e produção de radioisótopos. O Reator possuirá uma capacidade de 30 MW de potência térmica e será um reator do tipo piscina aberta que utilizará urânio de baixo enriquecimento como combustível principal.

Por outro lado, usando o comando "`\citeonline`", é possível fazer citação integrada ao texto, como mostrado a seguir:

Lee et al. (2005) realizaram estudos comparativos entre dois softwares clássicos de elementos finitos, Abaqus e LS-Dyna com o objetivo de verificar se as respostas obtidas como tensões, deformações, acelerações e energias são equivalentes. O modelo do casco em questão continha o cilindro externo, resina de blindagem, cilindro interno, blindagem de chumbo e o cesto de posicionamento do elemento combustível.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Inserir objetivo geral da Tese ou Dissertação.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos da Tese ou Dissertação são:

- a) Objetivo específico 1;
- b) Objetivo específico 2;
- c) Objetivo específico 3;
- d) Objetivo específico 4.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo devem ser abordados os elementos de revisão da literatura relevante para o desenvolvimento da Tese ou Dissertação. O conteúdo da revisão deve ser redigido dentro do arquivo *revisao-literatura.tex* presente dentro da pasta *02-elementos-textuais*. Sendo necessário, organize o texto em seções e subseções usando os comandos `\section{}` e `\subsection{}`. Forneça um "rótulo" individual para cada seção e subseção usando o comando `\label{rótulo da seção ou subseção}` e use o comando `\autoref{rótulo da seção ou subseção}` para chamá-la no texto. Desta maneira o compilador criará um hiperlink. A seguir, como exemplo, serão apresentadas a Seção 2.1: Base Normativa e a Subseção 2.1.1: *Drop Tests* - Abordagem Numérica.

2.1 Base Normativa

A norma CNEN NN 5.01 (CNEN, 2021) contém a resolução que trata do transporte de materiais radioativas em vias públicas bem como dos requisitos de radioproteção e segurança a fim de garantir um nível adequado de controle da eventual exposição de pessoas, bens e meio ambiente à radiação ionizante. A norma ainda compreende dentre outros:

- a) especificações sobre materiais radioativos para transporte;
- b) seleção do tipo de embalado;
- c) especificação dos requisitos de projeto e de ensaios de aceitação de embalados;
- d) disposições pertinentes ao transporte propriamente dito.

2.1.1 *Drop Tests* - Abordagem Numérica

Aproximadamente 20 milhões de contêineres de diferentes tipos e tamanhos contendo combustíveis nucleares são transportados por ano em todo o mundo (LIU et al., 2018).

Segurança e proteção contra a radiação originadas por possíveis acidentes são aspectos críticos no transporte destes contêineres. Simulações numéricas pelo método dos elementos finitos são utilizadas na fase de projeto dos cascos de transporte para primeiramente determinar a orientação mais crítica durante o teste de queda (*drop test*) o que geralmente reduz bastante os custos de ensaios experimentais sem penalizar o grau de segurança do projeto.

3 METODOLOGIA

Na metodologia devem ser abordados os elementos de da metodologia empregado para obtenção dos resultados apresentados na Tese ou Dissertação. O conteúdo da metodologia deve ser redigido dentro do arquivo *metodologia.tex* presente dentro da pasta *02-elementos-textuais*. Para inserir equações, use o comando "`\begin{equation}`" para iniciar o ambiente de elaboração de equações do LATEX. Forneça um "rótulo" individual para cada equação usando o comando `\label{rótulo da equação}` e use o comando `\autoref{rótulo da equação}` para chamá-la no texto. Desta maneira o compilador criará um hiperlink, além de enumerar as equações automaticamente de acordo com a ordem em que são apresentadas no texto. A seguir, como exemplo, serão apresentadas a Equação (1) e a Equação (2):

$$X(s) = \int_{t=-\infty}^{\infty} x(t) e^{-st} dt \quad (1)$$

$$F(u, v) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} f(m, n) \exp \left[-j2\pi \left(\frac{um}{M} + \frac{vn}{N} \right) \right] \quad (2)$$

Os símbolos presentes na equação deverão ser listados na lista de símbolos na ordem em que são apresentados no texto. Também é possível organizar ideias em forma de itens ou enumerá-las sequencialmente. Para iniciar a estrutura de separação em itens, utiliza o comando "`\begin{itemize}`" e adicione cada item utilizando o comando `\item`. O resultado é exemplificado a seguir:

- O Casco será submetido a uma sequência de impactos em diferentes orientações de acordo com diretrizes presentes nas normas (NRC, 2014) e (CNEN, 2021);
- Serão realizados impactos verticais em dois sentidos (amortecedor superior e amortecedor inferior), horizontal e em ângulo contra uma superfície rígida;
- O impacto sob punção consiste em uma queda a 1 m de altura contra uma barra de aço com tamanho suficiente para infligir um dano estrutural nos cilindros de contenção do elemento combustível e na válvula de fechamento da tampa superior.

Para iniciar a estrutura de separação enumerada, utiliza o comando "`\begin{enumerate}`" e adicione cada item utilizando o comando `\item`. O resultado é exemplificado a seguir:

1. O Casco será submetido a uma sequência de impactos em diferentes orientações de acordo com diretrizes presentes nas normas (NRC, 2014) e (CNEN, 2021);

2. Serão realizados impactos verticais em dois sentidos (amortecedor superior e amortecedor inferior), horizontal e em ângulo contra uma superfície rígida;
3. O impacto sob punção consiste em uma queda a 1 m de altura contra uma barra de aço com tamanho suficiente para infligir um dano estrutural nos cilindros de contenção do elemento combustível e na válvula de fechamento da tampa superior.

Para iniciar a estrutura de separação em ordem alfabética, utiliza o comando "`\begin{alines}`" e adicione cada item utilizando o comando `\item`. O resultado é exemplificado a seguir:

- a) O Casco será submetido a uma sequência de impactos em diferentes orientações de acordo com diretrizes presentes nas normas (NRC, 2014) e (CNEN, 2021);
- b) Serão realizados impactos verticais em dois sentidos (amortecedor superior e amortecedor inferior), horizontal e em ângulo contra uma superfície rígida;
- c) O impacto sob punção consiste em uma queda a 1 m de altura contra uma barra de aço com tamanho suficiente para infligir um dano estrutural nos cilindros de contenção do elemento combustível e na válvula de fechamento da tampa superior.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

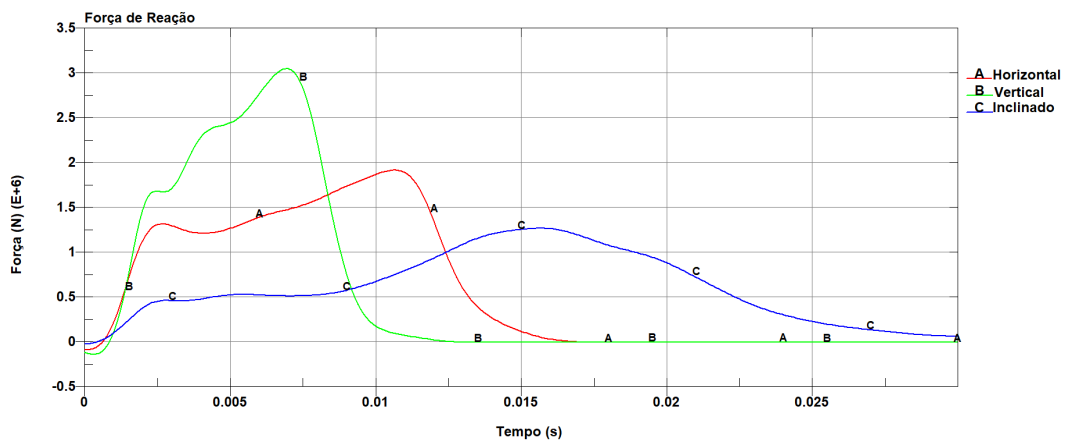
Neste capítulo devem ser abordados os resultados obtidos a serem apresentados na Tese ou Dissertação. O conteúdo deve ser redigido dentro do arquivo *resultados.tex* presente dentro da pasta *02-elementos-textuais*. A seguir, exemplos envolvendo os elementos textuais discutidos combinados.

4.1 Análise das tensões atuantes

4.1.1 Queda vertical

Como demonstrado na Figura 2, a orientação vertical obteve o maior valor de pico de força comparada com as demais. Desta forma espera-se que por ação/reação, as estruturas internas do casco experimentem maiores valores de tensão. Na queda vertical o pico de força foi de 3050 kN, na horizontal 1920 kN e na em ângulo 1290 kN. Essa observação é consistente com o que foi observado nos testes experimentais feitos em casco similar (SALIBA et al., 2011).

Figura 2 – Força de reação (medida no solo)



Fonte: Próprio autor.

A Tabela 2 mostra em $G's$ os valores dos pulsos atingidos.

Tabela 2 – Pulso medido no cilindro externo em $G's$

Ponto	Horizontal	Vertical	Inclinado
Superior (A)	173,3	267,1	119,3
Central (B)	175,3	266,1	118,2
Inferior (C)	179,4	263,0	123,3

Fonte: Próprio autor.

5 Cronograma

Observe que a estrutura de um projeto de qualificação é muito similar à da tese ou dissertação. A única diferença existente é que num projeto de qualificação o autor certamente terá, via de regra, apenas resultados parciais e preliminares. Além disso, estando o trabalho ainda em andamento, há que se apresentar um cronograma de trabalho que evidencie que o mesmo poderá ser concluído dentro dos prazos estabelecidos pelo programa. O cronograma pode ser editado no arquivo *cronograma.tex* encontrado dentro da pasta *02-elementos-textuais*.

Março/Julho 2017	Início do ano letivo no mestrado, conhecer programa e disciplinas, definição dos orientadores e projeto de pesquisa.
Agosto/Dezembro 2017	Estudo das tecnologias envolvidas, desenvolvimento da topologia do wormhole de uma e duas camadas, testes de convergência e cálculos iniciais da estrutura eletrônica.
Março/Julho 2018	Análises e cálculos preliminares da estrutura eletrônica do wormhole, otimização da estrutura inicial, detalhamento de aumento e limites do quantitativo de átomos. Ajuste de parâmetros e desenvolvimento do escopo final da estrutura.
Agosto/Dezembro 2018	Desenvolvimento do modelo de <i>tight-binding</i> do buraco de minhoca, aumento de átomos nas áreas planas e cônica da estrutura, análise da densidade local de energia e comparação dos níveis de energia em paralelo com análises dos dados motivacionais.
Agosto/Dezembro 2018	Qualificação do projeto de pesquisa, apuração e conclusão dos estudos.
Janeiro/Março 2019	Defesa do projeto de pesquisa.

Tabela 3 – Cronograma das atividades previstas

6 CONCLUSÃO

Neste capítulo devem ser abordados as conclusões obtidas a serem apresentadas na Tese ou Dissertação. O conteúdo deve ser redigido dentro do arquivo conclusao.tex presente dentro da pasta 02-elementos- textuais.

6.1 Trabalhos Futuros

Como sugestão de trabalhos futuros, os seguintes pontos podem ser abordados:

- trabalho futuro 1;
- trabalho futuro 2;
- trabalho futuro 3.

Referências

- CNEN. Norma cnen nn 5.01 - regulamento para o transporte seguro de materiais radioativos. In: **DOU - CNEN 271/21**. [S.l.: s.n.], 2021.
- LEE, Y.-S.; RYU, C.-H.; KIM, H.-S.; CHOI, Y.-J. A study on the free drop impact of a cask using commercial FEA codes. **Nuclear Engineering and Design**, Elsevier BV, v. 235, n. 20, p. 2219–2226, set. 2005.
- LIU, Q.; ZHU, S.-P.; YU, Z.-Y.; DING, R. A coupled thermal-drop impact analysis-based safety assessment of radioactive material cask. **International Journal of Structural Integrity**, Emerald, v. 9, n. 2, p. 185–195, abr. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/ijsi-05-2017-0028>>.
- NRC. Nureg-2125 spent fuel transportation risk assessment, final report. In: **Nuclear Regulatory Commission**. [S.l.: s.n.], 2014.
- PERROTTA, J. A. The rmb project. In: ANS (Ed.). **Latin American Section / American Nuclear Society Symposium**. [S.l.: s.n.], 2014.
- SALIBA, R.; MOURAO, R. P.; QUINTANA, F.; NOVARA, O.; SILVA, L. L. da; MIRANDA, C.; NETO, M. M. Analysis and design of spent fuel transport cask impact limiters. **Packaging, Transport, Storage & Security of Radioactive Material**, Taylor & Francis, v. 22, n. 4, p. 172–178, 2011.

Apêndices

APÊNDICE A – Nome do apêndice

Lembre-se que a diferença entre apêndice e anexo diz respeito à autoria do texto e/ou material ali colocado.

Caso o material ou texto suplementar ou complementar seja de sua autoria, então ele deverá ser colocado como um apêndice. Porém, caso a autoria seja de terceiros, então o material ou texto deverá ser colocado como anexo.

Organize os apêndices de modo a que, em cada um deles, haja um único tipo de conteúdo. Isso facilita a leitura e compreensão para o leitor do trabalho. Para criar um novo apêndice, utilize o comando `\chapter{nome do apêndice}` e lembre-se de alterar o "label" do novo apêndice criado. O conteúdo do anexo deve ser redigido dentro do arquivo *apendices.tex* presente dentro da pasta *03-elementos-pos-textuais*.

Se seu projeto de dissertação ou tese não possui anexo, basta comentar o include `"{\include./03-elementos-pos-textuais/apendices}"` no arquivo principal *Template_SAPD.tex*, adicionando "%" no início da linha.

Anexos

ANEXO A – Nome do anexo

Lembre-se que a diferença entre apêndice e anexo diz respeito à autoria do texto e/ou material ali colocado.

Caso o material ou texto suplementar ou complementar seja de sua autoria, então ele deverá ser colocado como um apêndice. Porém, caso a autoria seja de terceiros, então o material ou texto deverá ser colocado como anexo.

Organize os anexos de modo a que, em cada um deles, haja um único tipo de conteúdo. Isso facilita a leitura e compreensão para o leitor do trabalho. Para criar um novo anexo, utilize o comando `\chapter{nome do anexo}` e lembre-se de alterar o "label" do novo anexo criado. O conteúdo do anexo deve ser redigido dentro do arquivo *anexos.tex* presente dentro da pasta *03-elementos-pos-textuais*.

Se seu projeto de dissertação ou tese não possui anexo, basta comentar o include `"{\include./03-elementos-pos-textuais/anexos}"` no arquivo principal *Template_SAPD.tex*, adicionando "%" no início da linha.