



**Norma para a Elaboração de Dissertações e de  
Teses**

**Programa de Pós-Graduação em Engenharia  
Mecânica – CT - UFPB**

## **1- Introdução**

As dissertações e teses deverão ser redigidas de acordo com a presente regulamentação. Serão recusados os originais de dissertações ou teses que não estiverem de acordo com as normas aqui descritas.

A tese deverá ser escrita em língua portuguesa e impressa ou datilografada em um só lado de papel branco, de boa qualidade, formato A-4 (210 mm x 297 mm) em espaço 1,5 (um e meio), com letra a Times New Roman, tamanho 12. As margens deverão ser: superior = 3,0 cm, esquerda = 3,0 cm, direita = 2,5 cm e inferior = 2,5 cm. A impressão deverá ter nitidez adequada e ser exclusivamente em preto, exceto em casos excepcionais descritos posteriormente. Não será permitido o uso de papel timbrado ou couchê. O texto da dissertação ou da tese deverá obedecer as margens mínimas mostradas no Anexo I, sendo justificado (alinhado) nas margens direita e esquerda.

A dissertação ou tese constará das seguintes partes principais: preliminares, corpo principal e elementos de complementação.

- a) capa (obrigatório), que não deverá ter o número de página, segundo o modelo do Anexo I, onde a data se refere ao mês e ano da defesa;
- b) folha de rosto (obrigatório), que não deverá ter o número de página, segundo o modelo do Anexo II, onde a data se refere ao mês e ano da defesa;
- c) Aprovação (obrigatório), sem numeração de página. Ver modelo do Anexo III;
- d) dedicatória (opcional), sem numeração de página. Ver modelo do Anexo IV;
- e) agradecimentos (opcional), sem numeração de página. Ver modelo do Anexo V;
- f) resumo em português e inglês (um em cada página) (obrigatórios), segundo o modelo do Anexo VI, sem numeração de página;
- g) sumário (obrigatório). Ver modelo do Anexo VII ;
- h) índice de figuras (obrigatório). Ver modelo do Anexo VIII;
- i) índice de tabelas (obrigatório). Ver modelo do Anexo IX;
- j) lista de símbolos ou nomenclatura (obrigatório): consiste na relação dos símbolos usados no texto, em ordem alfabética com suas respectivas denominações. Os símbolos gregos devem ser listados após os latinos, também em ordem alfabética. Ver modelo do Anexo X.

Cada um desses itens deverá iniciar-se em uma página própria, e a ordenação deve ser feita por letras romanas minúsculas: i, ii, iii, iv, v, vi, etc.

## **2 - Corpo principal**

O corpo principal deverá conter uma introdução com a descrição do estado da arte relativo ao tema da dissertação ou da tese e com os objetivos da dissertação ou da tese, o desenvolvimento e as conclusões. As referências bibliográficas citadas deverão ser listadas conforme descrito no item 3.1.

Os capítulos existentes deverão ser numerados em algarismos romanos com as páginas numeradas (Times New Roman 9) seqüencialmente em algarismos arábicos, no rodapé superior e centralizadas.

O texto poderá sofrer divisões em capítulos e subcapítulos de primeira e segunda ordens, anotados por algarismos arábicos assumindo o seguinte aspecto:

### 2. Capítulo

#### 2.1 Subcapítulo de 1ª ordem

##### 2.1.1 Subcapítulo de 2ª ordem

##### 2.1.2 Subcapítulo de 2ª ordem

##### 2.1.3 Subcapítulo de 2ª ordem

Divisões de subcapítulos de terceira ordem deverão ser evitadas. Cada capítulo deve iniciar-se numa página nova cujos parágrafos terão um espaçamento de 1,5 cm da margem esquerda. Veja exemplo no ANEXO XI.

## **3 - Elementos de complementação da dissertação ou da tese**

3.1 - Referências bibliográficas : serão permitidas duas formas de representação baseadas na norma NB-66 da ABNT e consagradas internacionalmente. Na primeira forma, na lista de referências no final da tese, elas estarão numeradas segundo a ordem de aparecimento no texto. Na segunda estarão em ordem alfabética. **A segunda forma de representação deverá ser utilizada nas dissertações e nas teses do PPGEM.**

a) **Referências em ordem alfabética**: as citações são indicadas, quando o(s) sobrenome(s) do(s) autor(es) fizer(em) parte da frase, pelo(s) sobrenome(s), seguido(s) do ano da publicação entre parênteses. No caso em que o(s) sobrenome(s) não faz(em) parte da

frase, deve(m) constar, em letras maiúsculas, juntamente com o ano da publicação, entre parênteses, a separação sendo feita por vírgulas. No caso de ser citada mais de uma referência com a mesma autoria e ano de publicação, a distinção será feita por letras minúsculas após o ano (1995a e 1995b). Exemplos:

“... IESAN (1996) determinou ...” ou “... foi determinado (IESAN, 1996) ...”

“... ABRAHAM *et al.* (1988) calcularam ...” ou

“... foi calculado (ABRAHAM *et al.*, 1988) ...”

“... o problema de radiação térmica foi tratado (EDWARDS, 1976, TUNTOMO, 1990) de acordo com ...”

A lista de referências, ao final da dissertação ou da tese, deverá fornecer ao leitor as informações precisas para facilitar qualquer consulta. Quando a referência tiver até três autores, mencionam-se todos, na ordem em que aparecerem na publicação. Caso haja mais de três autores, mencionam-se até os três primeiros seguidos da expressão "et al.". Nas citações no corpo do texto, a expressão "et al." é utilizada para todos os trabalhos com mais de dois autores.

Diversas informações deverão ser dadas de acordo com o tipo de publicação, como veremos a seguir, sendo que algumas delas devem ser grifadas. No que se segue, entenda-se por **grifado** como sendo em *itálico*, sublinhado ou em **negrito**, devendo uma única opção de grifo ser adotada para todas as referências. Além do(s) sobrenome(s) do(s) autor(es), as informações que devem figurar são:

#### para livros

título (grifado)

edição ( 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, etc. )

local

editora

ano da publicação

ABRAHAM, R., MARSDEN, J.E., RATIU, T., 1988, *Manifolds, Tensor Analysis, and Applications*. 2 ed. New York, Springer-Verlag.

#### para artigos em periódicos

título do artigo, entre aspas

nome do periódico (grifado)  
volume  
número  
páginas inicial e final do artigo, após a abreviatura pp.  
ano da publicação

IESAN, D., 1996, "Existence Theorems in the Theory of Mixtures", *Journal of Elasticity*,  
v. 42, n. 2 (Feb), pp. 145-163.

para relatórios de pesquisa

título (grifado)  
In: identificação da procedência do relatório (só use "In" quando o relatório tiver  
mais de um trabalho)  
ano da publicação

GARRET, D. A., 1977, *The Microscopic Detection of Corrosion in Aluminum Aircraft  
Structures with Thermal Neutron Beams and Film Imaging Methods*. In: Report  
NBSIR 78-1434, National Bureau of Standards, Washington, D. C.

MAESTRELLO, L., 1976, *Two-Point Correlations of Sound Pressure in the Far Field of a  
Jet: Experiment*, NASA TM X-72835.

para artigo em anais

título do artigo, entre aspas  
In: anais do congresso ... (grifado)  
volume  
páginas inicial e final do artigo, após a abreviatura pp.  
local  
mês e ano da publicação

GURTIN, M. E., 1977, "On the nonlinear theory of elasticity". In: *Proceedings of the  
International Symposium on Continuum Mechanics and Partial Differential  
Equations: Contemporary Developments in Continuum Mechanics and Partial  
Differential Equations*, pp. 237-253, Rio de Janeiro, Aug.

para artigo em congresso sem publicação em anais

título do artigo, entre aspas  
nome do congresso (grifado)  
número do artigo  
local  
mês e ano da publicação

BERNUSSI, A. A., IIKAWA, F., MOTISUKE, P., et al., 1990, "Photoreflectance characterization of  $\delta$ -doped p-GaAs". *International Conference on Modulation Spectroscopy*, 1286-32, San Diego, California, USA, 19-21 March.

para artigo em livro ( série )

título do artigo, entre aspas  
In: título do livro (grifado)  
volume  
título da série (grifado)  
editora  
páginas inicial e final do artigo, após a abreviatura pp.  
ano da publicação

COWIN, S. C., 1987, "Adaptive Anisotropy: An Example in Living Bone". In: *Non-Classical Continuum Mechanics*, v. 122, *London Mathematical Society Lecture Note Series*, Cambridge University Press, pp. 174-186.

para capítulo em livro :

título do capítulo, entre aspas  
In: editor do livro, editor ou editores  
título do livro (grifado)  
edição  
capítulo  
local

editora

ano da publicação

EDWARDS, D. K., 1976, "Thermal Radiation Measurements". In: Eckert, E.R.G., Goldstein, R.J. (eds), *Measurements in Heat Transfer*, 2 ed., chapter 10, New York, USA, Hemisphere Publishing Corporation.

para tese

título (grifado)

grau M.Sc./ D.Sc.

instituição

local

ano da defesa

TUNTOMO, A., 1990, *Transport Phenomena in a Small Particle with Internal Radiant Absorption*. Ph.D. dissertation, University of California at Berkeley, Berkeley, California, USA.

PAES JUNIOR, H. R., 1994, *Influência da Espessura da Camada Intrínseca e Energia do Fóton na Degradação de Células Solares de Silício Amorfo Hidrogenado*. Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Para informações adicionais, consultar as publicações citadas abaixo:

ANÔNIMO (1989), *NB-66: Referências Bibliográficas*. Rio de Janeiro, ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

CAMARINHA, M., BRAYNER, S. (1993), *Manual de normas técnicas de editoração: teses, monografias, artigos, papers*. 2 ed., Rio de Janeiro, Editora UFRJ.

3.2 - Apêndices: As citações muito longas, deduções e demonstrações auxiliares, listagens de programas, estatísticas e ilustrações devem ser colocadas em apêndices.

**4 - Figuras e Tabelas**

Gráficos, figuras, fotografias e tabelas serão inseridas no mesmo gabarito das folhas do texto, de acordo com o Anexo XII, podendo, em casos especiais, quando houver impossibilidade de redução, ser utilizado o tamanho A-3 (420 x 297 mm) com dobra para o tamanho padrão A-4.

Os gráficos e as figuras serão elaborados em papel vegetal ou na própria folha do texto, com qualidade gráfica equivalente ou superior à do resto do texto. Não serão aceitos desenhos feitos a lápis ou caneta esferográfica, fotocópias, bem como títulos escritos com máquina de escrever sobre o papel vegetal. A impressão de gráficos e figuras também deve ser feita exclusivamente na cor preta. O emprego de cores será admitido excepcionalmente apenas quando for essencial à compreensão da ilustração.

Figuras e tabelas serão obrigatoriamente numeradas e citadas no texto. As tabelas deverão ser precedidas do seu título. As legendas das figuras serão posicionadas imediatamente abaixo das mesmas.



*Universidade Federal da Paraíba*

*Centro de Tecnologia*

*Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica*

*- Mestrado - Doutorado*

# **CONTROLE DE TEMPERATURA EM UM TÚNEL DE COMBUSTÃO**

por

Paulo Henrique de Miranda Montenegro

*Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal da  
Paraíba para obtenção do grau de Mestre.*

**João Pessoa - Paraíba**

**março, 2003**

*Anexo I*

**PAULO HENRIQUE DE MIRANDA MONTENEGRO**

**CONTROLE DE TEMPERATURA EM UM TÚNEL  
DE COMBUSTÃO**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em engenharia mecânica da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do Grau de Mestre.

**Orientador : Professor José Antônio Riul**

**João Pessoa - Paraíba**

**2003**

*Anexo II*

**Obs.:** No verso da folha de rosto (página anterior) coloca-se a ficha catalográfica que será feita por um bibliotecário do setor de Processos Técnicos da Biblioteca Central da UFPB.

# CONTROLE DE TEMPERATURA EM UM TÚNEL DE COMBUSTÃO

por

**Paulo Henrique de Miranda Montenegro**

*Dissertação aprovada em 14 de março de 2003*

*Período letivo 2002.2*

  
**Prof. Dr. ANTONIO ALMEIDA SILVA – UFCG**  
*Examinador Externo*

  
**Prof. Dr. BENEDITO SANTANA DE OLIVEIRA – UFPB**  
*Examinador Interno*

  
**Prof. Dr. SIMPLÍCIO ARNAUD DA SILVA – UFPB**  
*Orientador*

  
**Prof. Dr. JOSÉ ANTONIO RIUL – UFPB**  
*Orientador*

*Deixar 03 linhas em branco, tamanho 14*

## **DEDICATÓRIA**

*Deixar 02 linhas em branco, tamanho 14*

Dedico este trabalho aos meus pais Henrique e Rosalina, pelo incentivo e apoio incondicional.

Dedico também à minha noiva Leonor, pela compreensão e carinho.

*Anexo IV*

*Deixar 03 linhas em branco, tamanho 14*

## **AGRADECIMENTOS**

*Deixar 02 linhas em branco, tamanho 14*

*Ao meu pai pelo grande incentivo e suporte.*

Aos meus orientadores professor José Antônio Riul, e professor Simplício Arnaud da Silva pela competência e dedicação ao ofício do ensino, pela amizade e pelo apoio.

Aos demais professores do curso de pós-graduação.

Aos professores Benedito Santana de Oliveira e Romualdo Campus da Fonseca.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro durante a vigência deste curso.

À todos os demais que de algum modo contribuíram para este trabalho.

*Deixar 03 linhas em branco, tamanho 14*

## **CONTROLE DE TEMPERATURA EM UM TÚNEL.**

*Deixar 02 linhas em branco, tamanho 14*

### **RESUMO**

Neste trabalho apresentam-se projetos teóricos e experimentais de controladores convencionais e híbrido para um túnel de combustão usado em geradores de sistemas de refrigeração por absorção. O sistema utilizado para o controle da temperatura do túnel é constituído por um motor de corrente contínua acoplado a uma válvula tipo borboleta, que regula o fluxo de ar ambiente a ser misturado com fluxo de ar quente. É apresentada uma família de modelos matemáticos representativos do túnel de combustão obtida através de técnica de identificação. Um modelo pertencente a esta família é escolhido, e a partir deste é realizado o projeto dos controladores. O motor de corrente contínua é acionado por um computador através de uma placa de entrada e saída de dados, comandada pelo programa LabVIEW no qual são implementados os controladores. O sinal de realimentação que é a temperatura do sistema é enviado ao computador por um termopar localizado na região da mistura dos fluidos. São apresentados resultados de simulação e experimentais para a resposta do sistema sob a ação dos controladores projetados, e apresentado o mais adequado para o túnel de combustão.

Palavras chaves - Refrigeração por absorção, identificação, controladores.

*Deixar 03 linhas em branco, tamanho 14*

## **CONTROL OF TEMPERATURE IN A TUNNEL**

*Deixar 02 linhas em branco, tamanho 14*

### **ABSTRACT**

In this work, theoretical and experimental designs of conventional and hybrid controllers applied to combustion tunnel used in generators of refrigeration by absorption are presented. The system used to control the tunnel temperature consists of a DC motor connected to a butterfly valve which regulates the environment air flow that should be mixture to the heating air flow. Also, a set of mathematical models, which are obtained by parameter identification technique, used for modelling the combustion tunnel are presented. One of these mathematical models is selected in order to design the controller. The DC motor is operated by a computer through an Input/Output Card commanded by the Labview system in which the controllers are implemented. The feedback signal, which is the system temperature, is sent to the computer through a thermopar located in the fluid mixture region. Simulation and experimental results of the system response, using the designed controllers, are showed and the more adequate controller for the tunnel is presented.

Keywords - Refrigeration by absorption, identification, controllers.

*Deixar 03 linhas em branco, tamanho 14*

## **SUMÁRIO**

*Deixar 02 linhas em branco, tamanho 14*

1	SISTEMAS DE CONTROLE AUTOMÁTICOS .....	001
1.1	INTRODUÇÃO .....	001
1.2	BREVE HISTÓRICO DO CONTROLE AUTOMÁTICO .....	003
2	MODELAGEM MATEMÁTICA DE SISTEMAS .....	011
2.1	INTRODUÇÃO .....	011
2.2	CONCEITOS E CONSIDERAÇÕES SOBRE MODELAGEM .....	012
2.2.1	Tipos de modelos .....	013
2.2.2	Representações matemáticas de modelos lineares .....	015
2.3	DESCRIÇÃO DO TUNEL DE COMBUSTÃO .....	025
2.5	CONCLUSÃO .....	036
3	SISTEMAS DE CONTROLE CONVENCIONAIS .....	037
3.1	INTRODUÇÃO .....	037
3.2	DIAGRAMA DE BLOCOS DE SISTEMAS DE CONTROLE .....	038

*Deixar 03 linhas em branco, tamanho 14*

## **LISTA DE FIGURAS**

*Deixar 02 linhas em branco, tamanho 14*

Figura 1.1	Processo a ser controlado .....	002
Figura 1.2	Sistema de controle em malha aberta .....	002
Figura 1.3	Sistema de controle em malha fechada .....	003
Figura 2.1	Esquema básico do sistema de refrigeração .....	017

*Anexo VIII*

*Deixar 03 linhas em branco, tamanho 14*

## **LISTA DE TABELAS**

*Deixar 02 linhas em branco, tamanho 14*

Tabela 2.1 Equivalência para o valor computacional de trabalho do LabVIEW e a temperatura em graus Celsius .....	030
Tabela 2.2 Funções de transferência dos modelos encontrados .....	034
Tabela 3.1 Constante de erro em regime .....	045
Tabela 5.1 - Índices de desempenho dos controladores .....	102
Tabela 5.2 - Pólos e zeros resultantes da inserção dos controladores .....	105

*Deixar 03 linhas em branco, tamanho 14*

## **LISTA DE SÍMBOLOS**

*Deixar 02 linhas em branco, tamanho 14*

$a$  - Constante real

ARMAX - Modelo auto-regressivo com média móvel e entradas exógenas

ARX - Modelo auto-regressivo com entradas externas

B, C, D - Matrizes constantes

$e(k)$  - Erro no instante  $k$

$\mathbb{F}$  - Símbolo operacional da transformada de Fourier

$f(\cdot)$  - função parametrizada por  $\theta$

$f(t)$  - Função no instante  $t$

$G(s)$  - Função de transferencia da planta

*Anexo X*



*Deixar uma linha em branco, tipo Times New Roman 12, antes e após as figuras*

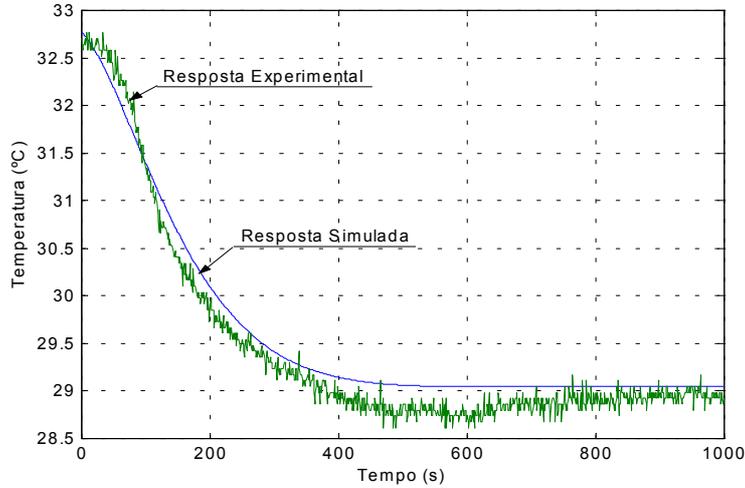


Figura 2.1 - Respostas Simulada e Experimental do Sistema.

*Deixar uma linha em branco, tipo Times New Roman 12, após as legendas das figuras*

A Figura 2.1 foi obtida considerando ccccccc vvvvvvvv xxxxxxxx ffffffff  
 bbbbbbbb ggggggggggg rrrrrrrrr eeeeeeeee tttttttttttt uuuuuuuuu ooooooooo.

Com os elementos da Tab. (2.1) torna – se possível vvvv bbbbb nnnnn llllll rrrr.

*Deixar uma linha em branco, tipo Times New Roman 12, antes das legendas das tabelas*

Tabela 2.1 - Equivalências entre o valor computacional e a temperatura e a umidade

*Deixar uma linha em branco, tipo Times New Roman 12, antes e após as tabelas*

Temperatura (T)		Umidade Relativa do Ar (Ur)	
Valor Computacional	Graus Celsius	Valor Computacional	%
1982	32,4	1753	45
1999	33,0	1737	43
2022	33,5	1733	42

Verifica – se xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx cccccccc zzzzzzzz eeeee zzz  
 dddd xxxxxxxx ddd sssssss  
 ffffff.....

.....jjjjjjjjjj  
 jjjjjjjjjjj.

## 2.3 CONCLUSÃO

Observou-se que .....

.....

.....

*Fim do Anexo XI*

*Deixar três linhas em branco, tipo Times New Roman 14, antes da numeração dos capítulos*

## REFERÊNCIAS

*Deixar duas linhas em branco, tipo Times New Roman 12, antes da numeração dos capítulos*

GURTIN, M. E., 1977, "On the nonlinear theory of elasticity". In: *Proceedings of the International Symposium on Continuum Mechanics and Partial Differential Equations: Contemporary Developments in Continuum Mechanics and Partial Differential Equations*, pp. 237-253, Rio de Janeiro, Aug.

PAES JUNIOR, H. R., 1994, *Influência da Espessura da Camada Intrínseca e Energia do Fóton na Degradação de Células Solares de Silício Amorfo Hidrogenado*. Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

margem superior: 3.0 cm

ANEXO XII

Papel formato A4

← margem esquerda: 3 cm

margem direita: 2,5 cm →

margem inferior: 2.5 cm