

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

AUTOR, INICIAIS MAIÚSCULAS E RESTANTE MINÚSCULO

**Quantificação do efeito de tumores superficiais e
profundos sobre a temperatura da pele**

Niterói, RJ

DATA

AUTOR, INICIAIS MAIÚSCULAS E RESTANTE MINÚSCULO

**Quantificação do efeito de tumores superficiais e profundos
sobre a temperatura da pele**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Mecânica da Universidade
Federal Fluminense, como requisito parcial para
obtenção do grau de Engenheiro Mecânico.

Orientador:
ORIENTADOR

Niterói, RJ

DATA

Ficha catalográfica automática - SDC/BEE
Gerada com informações fornecidas pelo autor

P654i Pinheiro, Isabela Florindo
Integral transform solutions in heat and fluid flow: novel applications & advancement of the technique / Isabela Florindo Pinheiro ; Leandro Alcoforado Sphaier, orientador. Niterói, 2019.
236 f. : il.

Tese (doutorado)-Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2019.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22409/PGMEC.2019.d.13502386781>

1. Transformada Integral. 2. Métodos numéricos. 3. Termociências. 4. Mecânica dos fluidos (Engenharia). 5. Produção intelectual. I. Sphaier, Leandro Alcoforado, orientador. II. Universidade Federal Fluminense. Escola de Engenharia. III. Título.

CDD -

AUTOR, INICIAIS MAIÚSCULAS E RESTANTE MINÚSCULO

**Quantificação do efeito de tumores superficiais e profundos
sobre a temperatura da pele**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Mecânica da Universidade
Federal Fluminense, como requisito parcial para
obtenção do grau de Engenheiro Mecânico.

Grau:

Aprovado em DATA

BANCA EXAMINADORA

ORIENTADOR

Orientador

Prof. DSc César Cunha Pacheco

Eng. Matheus Coutinho Constantino

Niterói, RJ

DATA

Dedicatória.

Colocar em página ímpar.

Esta seção é opcional.

Agradecimentos

Agradecimentos

Colocar em página ímpar.

Esta seção é opcional.

Citar agência de fomento, se houver.

Resumo

Sumarização do trabalho realizado, sem apresentar motivação, revisão da literatura e revisão teórica. Focar no trabalho desenvolvido, métodos, resultados, etc., e sumarizar conclusões.

Evitar o uso de referências bibliográficas no resumo.

Não colocar revisão bibliográfica no resumo.

Evitar motivação de trabalho, e focar nas atividades realizadas.

Recomenda-se limitar a uma página.

Colocar em página ímpar.

Seção obrigatória.

Palavras-chave: Palavra-chave 1, palavra-chave 2, palavra-chave 3.

Abstract

Colocar em página ímpar

Keywords

Lista de ilustrações

- | | | |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 1 | Número de casos diagnosticados e mortes no mundo para cada nível de IDH.
(Stewart, Bernard W.; Weiderpass, Elisabete,; Wild, Christopher P., 2020). | 1 |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|

Lista de tabelas

Lista de abreviaturas e siglas

COP	<i>Coefficient of performance</i>
EOS	<i>Equation of state</i>
GWP	<i>Global Warming Potential</i>
IEA	<i>International Energy Agency</i>
IIAR	<i>International Institute of Ammonia Refrigeration</i>
ODP	<i>Ozone depletion potential</i>
PR-EOS	<i>Peng-Robinson Equation of state</i>

Lista de símbolos

Γ	Letra grega Gama
Λ	Lambda
ζ	Letra grega minúscula zeta
\in	Pertence

Sumário

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract	iv
Lista de Ilustrações	v
Lista de tabelas	vi
Lista de abreviaturas e siglas	vii
Lista de símbolos	ix
1 INTRODUÇÃO	1
1.1. Contextualização.	1
2 MODELAGEM MATEMÁTICA	2
2.1. TRansferência de Calor	2
REFERÊNCIAS	5

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Na atualidade, o câncer é uma das enfermidades que mais tem atingido as pessoas, tendo mais de 18.1 milhões de casos diagnosticados e 9.6 milhões de mortes, somente em 2018. A estimativa é que em 2040, o número de casos anuais aumente em 50%, ultrapassando os 27 milhões de casos. Essa estimativa tem uma alta variação, dependendo dos nível de desenvolvimento economico e social do país. Apesar de a maior parte dos casos diagnósticados serem em países com Índice de Desenvolvimento Humano(IDH) alto, conforme a figura 1, o aumento do número de casos de cancer em nações com baixo IDH é de 100%, enquanto nas com IDH alto/muito alto é de aproximadamente 11

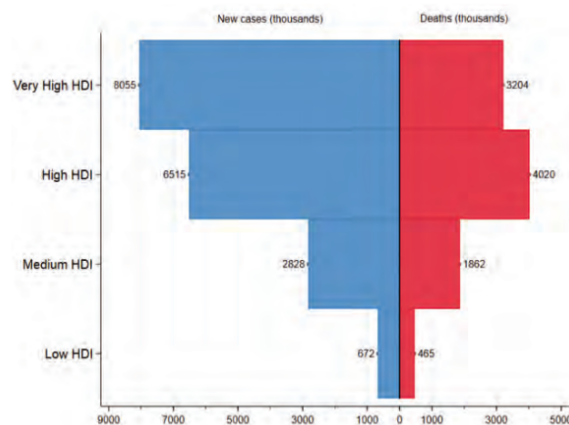


Figura 1 – Número de casos diagnosticados e mortes no mundo para cada nível de IDH. (Stewart, Bernard W.; Weiderpass, Elisabete.; Wild, Christopher P., 2020).

O câncer é a denominação dada ao conjunto de doenças que tem como característica comum a multiplicação descontrolada de células em um determinado tecido. Esse falta de controle advém de uma mutação no DNA da célula, que pode ocorrer devido a uma predisposição genética e/ou exposição a agentes carcinogênicos.

Na atualidade, existem mais de 100 tipos de câncer descobertos. Para cada um deles existem diferentes tratamentos e técnicas de diagnosticos mais efetivas

2 Modelagem Matemática

2.1 TRANSFERÊNCIA DE CALOR

O modelo de bio transferência de calor utilizado foi o descrito por Pennes (1948). Esse modelo possui as seguintes variáveis: densidade do tecido ρ ; condutividade térmica do tecido k ; densidade do sangue ρ_b ; calor específico do sangue a pressão constante c_b ; taxa de perfusão sanguínea do tecido w ; temperatura do sangue arterial T_a ; temperatura do tecido analisado T ; taxa de geração de calor metabólico por unidade de volume do tecido Q_m .

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = k \nabla^2 T + \rho_b c_b w [T_a - T] + Q_m \quad (2.1)$$

Considerando a hipótese de regime permanente, é obtido:

$$k \nabla^2 T + \rho_b c_b w [T_a - T] + Q_m = 0 \quad (2.2)$$

Utilizando o sistema de coordenadas cilíndricas a equação 2.3.

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} k r \frac{\partial T(r, z)}{\partial r} + \frac{\partial}{\partial z} k \frac{\partial T(r, z)}{\partial z} + \rho_b c_b w [T_a - T(r, z)] = 0 \quad (2.3)$$

$$\underbrace{\int_s^n \int_e^w \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} k r \frac{\partial T(r, z)}{\partial r} r dr dz}_{P1} + \underbrace{\int_s^n \int_e^w \frac{\partial}{\partial z} k \frac{\partial T(r, z)}{\partial z} r dr dz}_{P2} + \underbrace{\int_s^n \int_e^w \rho_b c_b w [T_a - T(r, z)] r dr dz}_{P3} = 0$$

$$P1: \int_s^n \int_e^w \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} k r \frac{\partial T(r, z)}{\partial r} r dr dz = \int_s^n \int_e^w \frac{\partial}{\partial r} k r \frac{\partial T(r, z)}{\partial r} dr dz = \int_e^w k r \frac{\partial T(r, z)}{\partial r} \Big|_s^n dz = \quad (2.4)$$

$$k r \frac{\partial T(r, z)}{\partial r} \Big|_s^n \Delta z = k_n r_n \frac{\partial T(r, z)}{\partial r} \Big|_n \Delta z - k_s r_s \frac{\partial T(r, z)}{\partial r} \Big|_s \Delta z \quad (2.5)$$

$$= k_n r_n \frac{T_N - T_P}{\Delta r} \Delta z - k_s r_s \frac{T_P - T_S}{\Delta r} \Delta z \quad (2.6)$$

$$P2: \int_s^n \int_e^w \frac{\partial}{\partial z} k \frac{\partial T(r, z)}{\partial z} r dr dz = \int_s^n k r \frac{\partial T(r, z)}{\partial z} \Big|_e^w dr = \quad (2.7)$$

$$\int_s^n r k \frac{\partial T(r, z)}{\partial z} \Big|_e^w dr = \frac{r^2}{2} \Big|_s^n k \frac{\partial T(r, z)}{\partial z} \Big|_e^w = \quad (2.8)$$

$$\frac{r^2}{2} \Big|_s^n k_w \frac{T_W - T_P}{\Delta z} - \frac{r^2}{2} \Big|_s^n k_e \frac{T_P - T_E}{\Delta z} = r_P \Delta r k_w \frac{T_W - T_P}{\Delta z} - r_P \Delta r k_e \frac{T_P - T_E}{\Delta z} \quad (2.9)$$

$$P3: \int_s^n \int_e^w \rho_b c_b w [T_a - T(r, z)] r dr dz = \rho_b c_b w [T_a - T_P] \frac{r^2}{2} \Big|_s^n \Big|_e^w \quad (2.10)$$

$$= \rho_b c_b w [T_a - T_P] r_P \Delta r \Delta z \quad (2.11)$$

$$*OBS: \frac{r^2}{2} \Big|_s^n = \frac{r_n^2}{2} - \frac{r_s^2}{2} = \frac{1}{2} \left(r_P + \frac{\Delta r}{2} \right)^2 - \frac{1}{2} \left(r_P - \frac{\Delta r}{2} \right)^2 \quad (2.12)$$

$$= \frac{1}{2} \left(r_P^2 + r_P \Delta r + \frac{\Delta r^2}{4} \right) - \frac{1}{2} \left(r_P^2 - r_P \Delta r + \frac{\Delta r^2}{4} \right) = r_P \Delta r \quad (2.13)$$

Reorganizando as equações:

$$k_n r_n \frac{T_N - T_P}{\Delta r} \Delta z - k_s r_s \frac{T_P - T_S}{\Delta r} \Delta z + r_P \Delta r k_w \frac{T_W - T_P}{\Delta z} - r_P \Delta r k_e \frac{T_P - T_E}{\Delta z} + \rho_b c_b w [T_a - T_P] r_P \Delta r \Delta z = 0 \quad (2.14)$$

$$k_n r_n \frac{\Delta z}{\Delta r} T_N + k_s r_s \frac{\Delta z}{\Delta r} T_S + r_P r k_w \frac{\Delta r}{\Delta z} T_W + r_P k_e \frac{\Delta r}{\Delta z} T_E \quad (2.15)$$

$$- \left(k_n r_n \frac{\Delta z}{\Delta r} + k_s r_s \frac{\Delta z}{\Delta r} + r_P r k_w \frac{\Delta r}{\Delta z} + r_P k_e \frac{\Delta r}{\Delta z} + \rho_b c_b w r_P \Delta r \Delta z \right) T_P + \rho_b c_b w r_P \Delta r \Delta z T_a = 0 \quad (2.16)$$

Para as condições de contorno:

Fronteira Esquerda:

$$\frac{\partial T}{\partial z} \Big|_{z=0} = 0 \quad (2.17)$$

$$A_W = 0 \quad (2.18)$$

$$A_N T_N + A_S T_S + A_E T_E - (A_N + A_S + A_E + A_a) T_P = -A_a T_a \quad (2.19)$$

Fronteira Direita:

$$\frac{\partial T}{\partial z} \Big|_{z=Lz} = 0 \quad (2.20)$$

$$A_E = 0 \quad (2.21)$$

$$A_N T_N + A_S T_S + A_W T_W - (A_N + A_S + A_W + A_a) T_P = -A_a T_a \quad (2.22)$$

Fronteira Sul:

$$\frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=0} = 0 \quad (2.23)$$

$$A_S = 0 \quad (2.24)$$

$$A_N T_N + A_W T_W + A_E T_E - (A_N + A_W + A_E + A_a) T_P = -A_a T_a \quad (2.25)$$

Fronteira Norte:

$$-k \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=Lr} = h(T_\infty - T) \quad (2.26)$$

$$A_N = 0 \quad (2.27)$$

$$A_c = \frac{h}{1 + h \frac{\Delta r}{k_p}} r_n \Delta z \quad (2.28)$$

$$A_S T_S + A_W T_W + A_E T_E - (A_S + A_W + A_E + A_a + A_c) T_P = -A_a T_a - A_c T_\infty \quad (2.29)$$

Referências

PENNES, H. H. *Analysis of Tissue and Arterial Blood Temperatures in the Resting Human Forearm. Journal of Applied Physiology*, v. 1, n. 2, p. 93–122, ago. 1948. ISSN 8750-7587, 1522-1601. Citado na página 2.

Stewart, Bernard W.; Weiderpass, Elisabete,; Wild, Christopher P.,. *WORLD CANCER REPORT: Cancer Research for Cancer Development*. Place of publication not identified: IARC, 2020. ISBN 978-92-832-0447-3. Citado 2 vezes nas páginas v e 1.