



Cleberton Correia Santos
(Organizador)

**Estudos Interdisciplinares
nas Ciências e da Terra
e Engenharias 4**

 **Atena**
Editora
Ano 2019

Cleberton Correia Santos
(Organizador)

Estudos Interdisciplinares nas Ciências
Exatas e da Terra e Engenharias 4

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E82	Estudos interdisciplinares nas ciências exatas e da terra e engenharias 4 [recurso eletrônico / Organizador Cleberton Correia Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias; v. 4) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-622-5 DOI 10.22533/at.ed.225191109 1. Ciências exatas e da Terra. 2. Engenharias. 3. Tecnologia. I.Santos, Cleberton Correia. II. Série. CDD 016.5
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

O livro “Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias” de publicação da Atena Editora apresenta em seu 4º volume 37 capítulos com temáticas voltadas à Educação, Agronomia, Arquitetura, Matemática, Geografia, Ciências, Física, Química, Sistemas de Informação e Engenharias.

No âmbito geral, diversas áreas de atuação no mercado necessitam ser elucidadas e articuladas de modo a ampliar sua aplicabilidade aos setores econômicos e sociais por meio de inovações tecnológicas. Neste volume encontram-se estudos com temáticas variadas, dentre elas: estratégias regionais de inovação, aprendizagem significativa, caracterização fitoquímica de plantas medicinais, gestão de riscos, acessibilidade, análises sensoriais e termodinâmicas, redes neurais e computacionais, entre outras, visando agregar informações e conhecimentos para a sociedade.

Os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora aos estimados autores que empenharam-se em desenvolver os trabalhos de qualidade e consistência, visando potencializar o progresso da ciência, tecnologia e informação a fim de estabelecer estratégias e técnicas para as dificuldades dos diversos cenários mundiais.

Espera-se com esse livro incentivar alunos de redes do ensino básico, graduação e pós-graduação, bem como outros pesquisadores de instituições de ensino, pesquisa e extensão ao desenvolvimento estudos de casos e inovações científicas, contribuindo na aprendizagem significativa e desenvolvimento socioeconômico rumo à sustentabilidade e avanços tecnológicos.

Cleberton Correia Santos

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCOS DE INUNDAÇÃO PARA O MUNICÍPIO DE PONTE NOVA – MG	
Anderson Nascimento Milagres Gian Fonseca dos Santos Danilo Segall César Yann Freire Marques Costa Klinger Senra Rezende Alixandre Sanquetta Laporti Luppi Adonai Gomes Fineza	
DOI 10.22533/at.ed.2251911091	
CAPÍTULO 2	8
MUTAGÊNESE DA LEVEDURA <i>Candida viswanathii</i> PARA A PRODUÇÃO DE ENZIMAS LIPOLÍTICAS	
Luiz Renato Lima Silva Miranda Nayra Morgana Lima De Oliveira Erika Carolina Vieira Almeida Adriana Augusta Neto Alex Fernando De Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.2251911092	
CAPÍTULO 3	19
A RELAÇÃO ENTRE PROGRAMAS DE DESENVOLVIMENTO DE LIDERANÇA E O CAPITAL SOCIAL NAS ORGANIZAÇÕES	
Bruno Henriques Watté Márcio Vieira de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.2251911093	
CAPÍTULO 4	34
BRUNIMENTO FLEXÍVEL DE CILINDROS DE BLOCOS DE COMPRESSORES HERMÉTICOS: AVALIAÇÃO DO EFEITO DA GRANULOMETRIA E DO NÚMERO DE GOLPES DA FERRAMENTA NO PARÂMETRO DE RUGOSIDADE R_p	
Guilherme Henrique Caetano Barros Rosenda Valdés Arencibia Luciano José Arantes	
DOI 10.22533/at.ed.2251911094	
CAPÍTULO 5	41
ANÁLISE DA ACELERAÇÃO POR EXTRAPOLAÇÃO DA FONTE DE FISSÃO CONSIDERANDO A TEORIA DE DIFUSÃO DE NEUTRONS EM REATORES NUCLEARES	
Andrey Silva Pontes Henrique Matheus Ferreira da Silva Lenilson Moreira Araújo	
DOI 10.22533/at.ed.2251911095	

CAPÍTULO 6	51
ANÁLISE DE DESEMPENHO E AVALIAÇÃO DOS PROTOCOLOS DE REDES DE SENSORES SEM FIO EM <i>SMART GRIDS</i>	
Álison De Oliveira Alves	
Felipe Denis Mendonça De Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.2251911096	
CAPÍTULO 7	64
SÍNTESE DE COMPOSTOS HÍBRIDOS PERILIL-DIHIDROPIRIMIDINONAS ATRAVÉS DA REAÇÃO DE HUISGEN COM FORMAÇÃO DE ANÉIS 1,2,3-TRIAZÓLICOS	
Vinícius Vendrusculo	
Dennis Russowsky	
DOI 10.22533/at.ed.2251911097	
CAPÍTULO 8	74
ANÁLISES DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICAS DA CASTANHOLA	
Jonas Soares de Mesquita	
Davi Pereira Araújo	
Maria Carolina Martins da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.2251911098	
CAPÍTULO 9	81
USO DE CATALISADORES DE NÍQUEL PARA A RESOLUÇÃO CINÉTICA DINÂMICA DE AMINAS PRIMÁRIAS	
Fernanda Amaral de Siqueira	
Natália Cavallaro Martins de Sousa	
Sania Maria de Lima	
DOI 10.22533/at.ed.2251911099	
CAPÍTULO 10	92
AVALIANDO EM MATEMÁTICA: UM ESTUDO DE CASO NO CENTRO-OESTE MINEIRO	
Patrícia Milagre de Freitas	
Leandro Teles Antunes dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.22519110910	
CAPÍTULO 11	102
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE VIDA NO TRABALHO EM TRABALHADORES DA CONSTRUÇÃO CIVIL	
Andre Luis Martins De Souza	
Renata Evangelista	
Alexandre Bueno	
Ronaldo Marques	
Serigne Ababacar	
Felipe Rogério	
Hudson Luis	
DOI 10.22533/at.ed.22519110911	

CAPÍTULO 12 111

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE UM SOLO RESIDUAL DE GNAISSE MADURO ESTABILIZADO COM LAMA DE CAL

Danilo Segall César
Yann Freire Marques Costa
Anderson Nascimento Milagres
Gian Fonseca dos Santos
Eduardo Souza Candido
Klinger Senra Rezende
Adonai Gomes Fineza

DOI 10.22533/at.ed.22519110912

CAPÍTULO 13 122

AVALIAÇÃO TOXICOLÓGICA DE RESÍDUOS ELETRÔNICOS: ESTUDO DE CASO COM PILHAS ALCALINAS

Pedro Luiz Dias Barroso
Julia Santos Caetano
Jean Pierre Sayago
Joeci Ricardo Godoi
Rodrigo Souza Banegas
Letícia Flohr

DOI 10.22533/at.ed.22519110913

CAPÍTULO 14 132

CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO DE FILMES DE PAADDA/PSS E PDDA/PSS PREPARADOS POR LAYER-BY-LAYER

Samanta Costa Machado Silva
Jorge Amim Júnior
Ana Lucia Shiguihara

DOI 10.22533/at.ed.22519110914

CAPÍTULO 15 144

COMPOSIÇÃO QUÍMICA, FENÓIS TOTAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DAS FOLHAS DE *Simaba ferruginea*

Jessica Sara de Sousa Macêdo Oliveira
Lucivania Rodrigues dos Santos
Adonias Almeida Carvalho
Renato Pinto de Sousa
Gerardo Magela Vieira Júnior
Ruth Raquel Soares de Farias
Mariana Helena Chaves

DOI 10.22533/at.ed.22519110915

CAPÍTULO 16 157

DESENVOLVIMENTO DE MATERIAIS ALCALINAMENTE ATIVADOS PARA MITIGAÇÃO DA REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO: AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS, FÍSICAS E QUÍMICAS

Jocélio Jairo Vieira Filho
Kelly Cristiane Gomes
Williamns Tadeu de Oliveira Lins Belo

DOI 10.22533/at.ed.22519110916

CAPÍTULO 17 183

ESTRUTURA AXIOMÁTICA DO ORIGAMI: UMA ABORDAGEM DOS POLIEDROS REGULARES NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE MATEMÁTICA

Anita Lima Pimenta
Eliane Scheid Gazire

DOI 10.22533/at.ed.22519110917

CAPÍTULO 18 193

ESTUDO DO EFEITO DOS PARÂMETROS DE PROJETO DE BICOS EXTRUSORES EM BIOIMPRESSÃO UTILIZANDO FLUIDODINÂMICA COMPUTACIONAL

Patrícia Muniz de Oliveira
Isabela Poley
Estevam Barbosa Las Casas
Marina Spyer Las Casas
Janaina Dernowsek

DOI 10.22533/at.ed.22519110918

CAPÍTULO 19 205

IMPACTO DA RESOLUÇÃO HORIZONTAL NA SIMULAÇÃO DOS JATOS DE BAIXOS NÍVEIS NA AMÉRICA DO SUL USANDO O MODELO GLOBAL DO CPTEC

Dayana Castilho de Souza
Paulo Yoshio Kubota
Silvio Nilo Figueroa
Enver Manuel Amador Ramirez Gutierrez
Caio Augusto dos Santos Coelho

DOI 10.22533/at.ed.22519110919

CAPÍTULO 20 218

LESSON STUDY: UMA ADAPTAÇÃO PARA O BRASIL

Renata Camacho Bezerra
Maria Raquel Miotto Morelatti

DOI 10.22533/at.ed.22519110920

CAPÍTULO 21 226

MICROSCOPIA DE DESFOCALIZAÇÃO COMO UMA FERRAMENTA DE ESTUDO DE PROPRIEDADES MORFOLÓGICAS E MECÂNICAS DE ERITRÓCITOS

Paula M. S. Roma
Luiza C. Mourão
Marcelo P. Bemquerer
Erika M. Braga
Ubirajara Agero

DOI 10.22533/at.ed.22519110921

CAPÍTULO 22 232

PENSAMENTO ALGÉBRICO E SUA APLICAÇÃO EM EQUAÇÕES LINEARES

Fábio Mendes Ramos
Fabricia Gracielle Santos
Daniel Martins Nunes

DOI 10.22533/at.ed.22519110922

CAPÍTULO 23	243
ENSINO DE QUÍMICA VERSUS TICs: RETRATO DE PUBLICAÇÕES BRASILEIRAS	
Eleonora Celli Carioca Arenare	
DOI 10.22533/at.ed.22519110923	
CAPÍTULO 24	253
PREPARAÇÃO E AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE BLENDS DE PHB/PC	
Francielle Schmitz	
Carolina de Andrade	
Ivonete Oliveira Barcellos	
DOI 10.22533/at.ed.22519110924	
CAPÍTULO 25	267
RESINAS DE POLIÉSTER INSATURADO E SUA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO DE EMBARCAÇÕES EM FIBERGLASS	
Patricia Reis Pinto	
Sérgio da Silva Feitosa	
Alaíde de Sá Barreto	
DOI 10.22533/at.ed.22519110925	
CAPÍTULO 26	277
APLICAÇÃO DO MÉTODO DA PENALIZAÇÃO ROBUSTA PARA ANÁLISE DE PROBLEMAS DE OTIMIZAÇÃO MULTI-OBJETIVO	
Gustavo Barbosa Libotte	
Fran Sérgio Lobato	
Francisco Duarte Moura Neto	
Gustavo Mendes Platt	
DOI 10.22533/at.ed.22519110926	
CAPÍTULO 27	289
SÍNTESE DE FASE SÓLIDA HÍBRIDA MOLECULARMENTE IMPRESSA PARA EXTRAÇÃO DE CAFEÍNA EM AMOSTRAS ÁGUA SUPERFICIAL	
Fabiana Casarin	
Camila Santos Dourado	
Ana Cristi Basile Dias	
DOI 10.22533/at.ed.22519110927	
CAPÍTULO 28	302
SOLUÇÃO ANALÍTICA DE PROBLEMA BIDIMENSIONAL DE CONDUÇÃO DE CALOR UTILIZANDO FUNÇÕES DE GREEN	
José Aguiar dos Santos Junior	
José Ricardo Ferreira Oliveira	
Eduardo Peixoto de Oliveira	
Guilherme Ramalho Costa	
Jefferson Gomes Do Nascimento	
Alisson Augusto Azevedo Figueiredo	
Gilmar Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.22519110928	

CAPÍTULO 29 310

TAXAS DE FREQUÊNCIA E GRAVIDADE DOS ACIDENTES OCORRIDOS EM UM GRUPO DE PROPRIEDADES CAFEEIRAS CERTIFICADAS

Rafael Augusto Silva Souza
Geraldo Gomes de Oliveira Júnior
Armando Mendes Nogueira
Raphael Nogueira Rezende
Agda Silva Prado Oliveira
Adriano Bortolotti da Silva
Patrícia Ribeiro do Valle Coutinho

DOI 10.22533/at.ed.22519110929

CAPÍTULO 30 315

UM SISTEMA COLABORATIVO DE INCENTIVO A DOAÇÃO DE SANGUE

Alúcio José Pereira
Fábio Abrantes Diniz
Elder Gonçalves Pereira
Francisco Paulo de Freitas Neto
Elissandra Cheu Pereira do Nascimento

DOI 10.22533/at.ed.22519110930

CAPÍTULO 31 329

UMA PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE NÚMEROS DECIMAIS NO 5º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL

Cristiana Monique Feltes Sivert
Cassiano Scott Puhl

DOI 10.22533/at.ed.22519110931

CAPÍTULO 32 339

ESTUDO DA VIABILIDADE NO DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA COMPUTACIONAL DE BAIXO CUSTO PARA MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM CULTIVOS DE ORGANISMOS AQUÁTICOS: APLICAÇÃO INICIAL EM VIVEIROS ESCAVADOS

Wilmar Borges Leal Junior
Fabiano Medeiros Tavares
Ítalo Cordeiro Silva Lima
Delfim Dias Bonfim
Lucyano Campos Martins
Nailson Martins Dantas Landim
Haryson Huan Arruda da Silva Santos
Douglas Ferreira Chaves

DOI 10.22533/at.ed.22519110932

CAPÍTULO 33 349

REGRESSÃO POLINOMIAL E REDES NEURAIS ARTIFICIAIS NA AVALIAÇÃO DE IMÓVEIS

Carlos Augusto Zilli
Luiz Fernando Palin Droubi
Norberto Hochheim

DOI 10.22533/at.ed.22519110933

CAPÍTULO 34 363

ANALISE DE RECALQUES NO CONTORNO RODOVIÁRIO DA GRANDE FLORIANÓPOLIS

Wagner de Sousa Santos
Amanda Morlos

DOI 10.22533/at.ed.22519110934

CAPÍTULO 35	376
SIMULAÇÃO DA ESTABILIDADE DE UM TÚNEL EM MACIÇO ROCHOSO	
Yann Freire Marques Costa	
Danilo Segall César	
Gian Fonseca dos Santos	
Anderson Nascimento Milagres	
Klinger Senra Rezende	
Adonai Gomes Fineza	
DOI 10.22533/at.ed.22519110935	
SOBRE O ORGANIZADOR	387
ÍNDICE REMISSIVO	388

SOLUÇÃO ANALÍTICA DE PROBLEMA BIDIMENSIONAL DE CONDUÇÃO DE CALOR UTILIZANDO FUNÇÕES DE GREEN

José Aguiar dos Santos Junior

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade
de Engenharia Mecânica
Uberlândia – Minas Gerais

José Ricardo Ferreira Oliveira

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade
de Engenharia Mecânica
Uberlândia – Minas Gerais

Eduardo Peixoto de Oliveira

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade
de Engenharia Mecânica
Uberlândia – Minas Gerais

Guilherme Ramalho Costa

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade
de Engenharia Mecânica
Uberlândia – Minas Gerais

Jefferson Gomes Do Nascimento

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade
de Engenharia Mecânica
Uberlândia – Minas Gerais

Alisson Augusto Azevedo Figueiredo

Universidade Federal de Ouro Preto,
Departamento de Engenharia Mecânica
Ouro Preto– Minas Gerais

Gilmar Guimarães

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade
de Engenharia Mecânica
Uberlândia – Minas Gerais

condução de calor é uma alternativa importante, pois, entre outros fatores, apresenta menor custo computacional quando comparado com soluções numéricas. O método de Funções de Green é um método importante de soluções analíticas devido à possibilidade de resolver problemas transitórios de transferência de calor de condução, com geração interna e com condições variáveis de tempo. Em outras palavras, as Funções de Green são ferramentas matemáticas usadas para obter o campo de temperatura em problemas de condução de calor lineares, transitórios ou permanentes com geração interna. No presente trabalho, apresenta-se um problema bidimensional de condução de calor transiente. Usando Funções de Green, o campo de temperatura da solução foi determinado. Finalmente, através do uso de verificação intrínseca, a solução analítica obtida foi validada.

PALAVRAS-CHAVE: Solução Analítica, Campo de Temperatura, Verificação Intrínseca.

ANALYTICAL SOLUTION OF TWO- DIMENSIONAL HEAT CONDUCTION PROBLEM USING GREEN FUNCTIONS

ABSTRACT: Analytical solution of heat conduction problems is an important alternative because, among other factors, it presents a

RESUMO: Solução analítica de problemas de

lower computational cost when compared with numerical solutions. Green's Functions method is an important method of analytical solutions because of the possibility of solving transient problems of conduction heat transfer, with internal generation and with variable conditions of time. In other words, Green's Functions are mathematical tools used to obtain the temperature field in linear, transient or permanent heat conduction problems with internal generation. In the present work two-dimensional transient heat conduction problem is presented. Using Green's Functions, the solution temperature field was determined. Finally, through the use of intrinsic verification, the analytical solution obtained were validated.

KEYWORDS: Analytical solution, Temperature field, Intrinsic verification.

1 | INTRODUÇÃO

Funções de Green são ferramentas matemáticas empregadas na obtenção do campo de temperatura em problemas lineares, transientes ou permanentes, de condução de calor. Podem ser aplicadas na solução de um conjunto de questões de convecção e para diversos fenômenos que são descritos pelo mesmo tipo de equações (BECK et al, 1992).

O objetivo dos autores através deste trabalho é determinar a solução analítica de um problema de condução de calor bidimensional transiente com fluxo de calor parcial, além de realizar a verificação intrínseca da solução obtida.

Segundo Özişik (1993), o significado físico da Função de Green $G(t, |r|r'\tau)$ em problemas transientes é a representação da temperatura no local r , no tempo t , devido a uma fonte pontual instantânea unitária, localizada no ponto r' , liberando energia no instante τ . De maneira similar, Beck et al (1992) definem as Funções de Green como sendo a distribuição de temperatura causada por um pulso de energia local e instantâneo. Fernandes (2009) ressalta a importância do uso das Funções de Green em problemas onde as condições de contorno variam com o tempo, caso no qual a solução através do método de separação de variáveis é descartada de imediato.

O uso das Funções de Green é precedido pela identificação dos tipos de condições de contorno presentes no problema. Na Tabela 1 apresenta-se os tipos de condições de contorno apresentado por Beck et al. (1992).

Identificadas as condições de contorno, as Funções de Green correspondentes ao problema de Condução de Calor podem ser obtidas em Beck et al. (1992). O campo de temperatura é determinado solucionando-se equações integrais.

Notação	Nomenclatura	Descrição
0	Tipo zero	Sem efeito físico de contorno
1	Dirichlet	Temperatura prescrita
2	Neumann	Fluxo de calor prescrito
3	Robin	Convecção
4	Carslaw	Filme fino, sem convecção
5	Jaeger	Filme fino, com convecção

Tabela 1 - Tipos de condição de contorno

2 | PROBLEMA PROPOSTO

Um problema bidimensional do tipo X22Y12 em regime transiente é apresentado esquematicamente na Fig. 1. A placa de dimensões $L \times W$, está inicialmente a uma temperatura $T(x, t, 0) = T_0$, é submetida à dois fluxos de calor parciais, q_0'' e q_1'' , em $x = 0$ e em $x = L$. Em $y = 0$ a temperatura é mantida em T_1 , e em $y = W$ a placa está isolada. A Função de Green que representa o problema proposto é dada pela Eq. 1.

$$G_{X22Y12} = \left[\frac{1}{L} + \frac{2}{L} \sum_{m=1}^{\infty} e^{-\frac{\alpha_m^2 \alpha (t-\tau)}{L^2}} \cos\left(\frac{\alpha_m x}{L}\right) \cos\left(\frac{\alpha_m x'}{L}\right) \right] \frac{2}{W} \sum_{n=1}^{\infty} e^{-\frac{\beta_n^2 \alpha (t-\tau)}{W^2}} \sin\left(\frac{\beta_n y}{W}\right) \sin\left(\frac{\beta_n y'}{W}\right) \quad (1)$$

onde $\alpha_m = m\pi$, e $\beta_n = (2n - 1)\frac{\pi}{2}$. Considerando as condições de contorno apresentadas na Fig. 1, a solução analítica do problema proposto é dada pela Eq. 2.

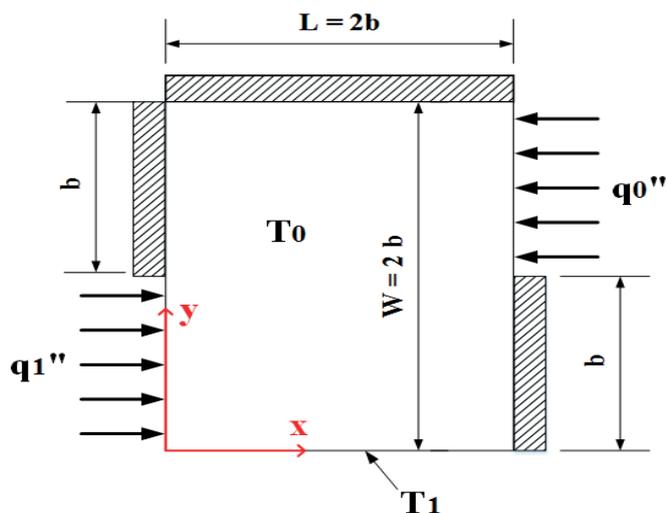
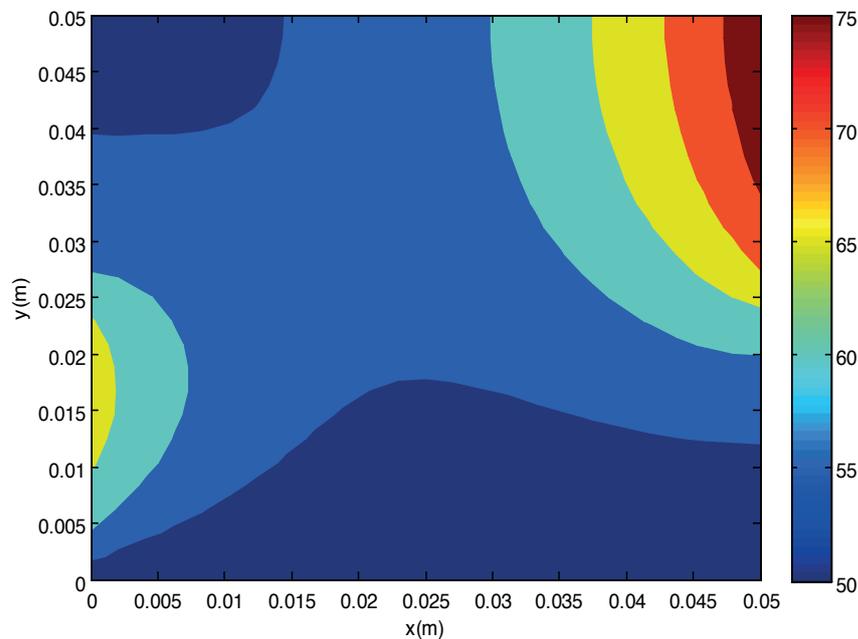


Figura 1 - Problema proposto.

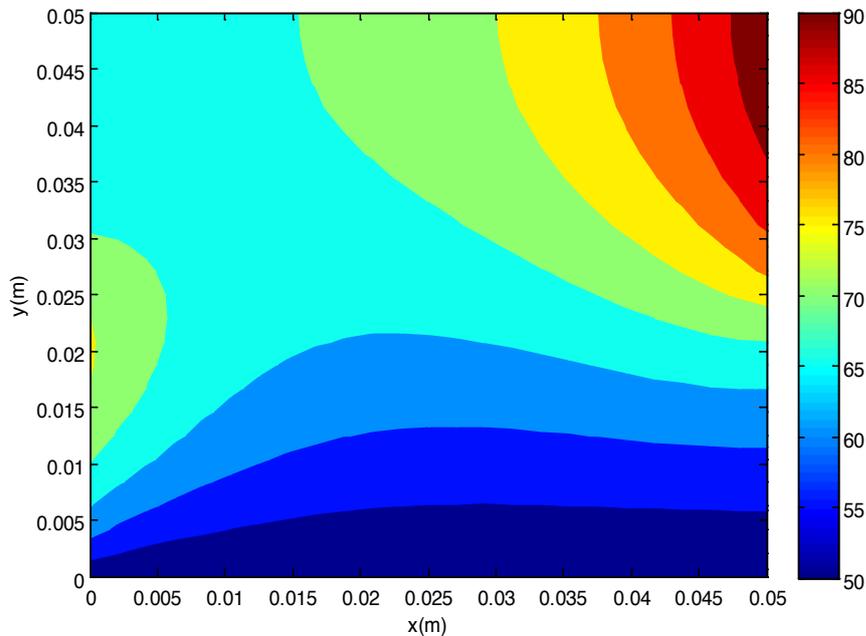
$$\begin{aligned}
T(x, y, t) &= 2(T_0 - T_1) \sum_{n=1}^{\infty} e^{-\frac{\beta_n^2 \alpha t}{W^2}} \sin\left(\frac{\beta_n y}{W}\right) \frac{1}{\beta_n} \\
&+ \frac{4q_2 W^2}{kL} \sum_{n=1}^{\infty} \sin\left(\frac{\beta_n y}{W}\right) \frac{1}{\beta_n^3} \left[1 - e^{-\frac{\beta_n^2 \alpha t}{W^2}}\right] \sin^2\left(\frac{W_1 \beta_n}{2W}\right) \\
&+ \frac{8q_2 W^2 L}{k} \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \cos\left(\frac{\alpha_m x}{L}\right) \sin\left(\frac{\beta_n y}{W}\right) \left[\frac{\sin^2\left(\frac{W_1 \beta_n}{2W}\right)}{\beta_n (L^2 \beta_n^2 + W^2 \alpha_n^2)} \right] \left(1 - e^{-\frac{\beta_n^2 \alpha t}{W^2}} e^{-\frac{\alpha_m^2 \alpha t}{4L^2}}\right) + \frac{2q_0 W^2}{kL} \sum_{n=1}^{\infty} \sin\left(\frac{\beta_n y}{W}\right) \frac{1}{\beta_n^3} \left[1 - e^{-\frac{\beta_n^2 \alpha t}{W^2}}\right] \cos\left(\frac{W_1 \beta_n}{W}\right) + T_1 \\
&+ \frac{4q_0 L W^2}{k} \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \cos\left(\frac{\alpha_m x}{L}\right) \frac{\cos(\alpha_m)}{\beta_n (L^2 \beta_n^2 + W^2 \alpha_n^2)} \sin\left(\frac{\beta_n y}{W}\right) \cos\left(\frac{W_1 \beta_n}{W}\right) \left[1 - e^{-\frac{\beta_n^2 \alpha t}{W^2}} e^{-\frac{\alpha_m^2 \alpha t}{L^2}}\right]
\end{aligned} \tag{2}$$

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A solução analítica do problema X22Y12, apresentada na Eq. 2, foi implementada mediante uso do software MatLab®. Para tal, adotou-se $L = W = 0,05$ m, $q_1'' = q_0'' = 10^5$ Wm⁻², $T_0 = 28$ °C, $T_1 = 50$ °C, $k = 73$ Wm⁻¹K⁻¹, $\alpha = 2 \times 10^{-5}$ m²s⁻¹. Na Figura 2 apresenta-se o campo de temperatura, para (a) 50 s e (b) 100 s.



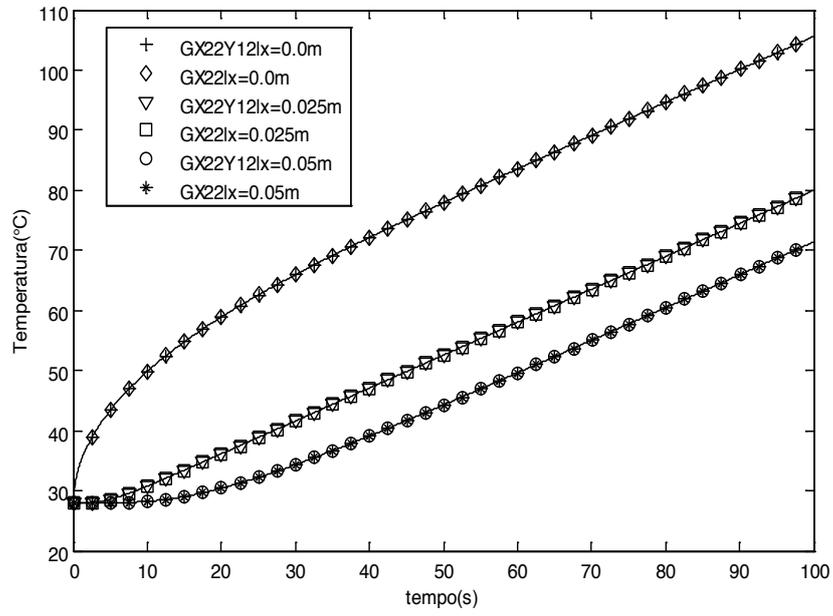
(a)



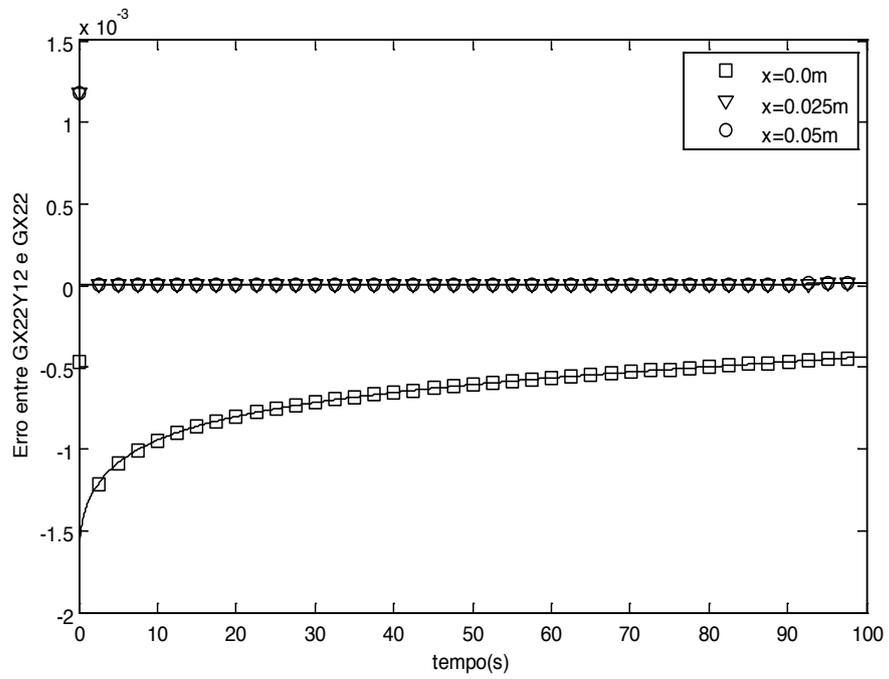
(b)

Figura 2 – Campo de temperatura: (a) $q_0'' = q_1'' = 10^5 \text{ Wm}^{-2}$, $t = 50 \text{ s}$; (b) $q_0'' = q_1'' = 10^5 \text{ Wm}^{-2}$, $t = 100 \text{ s}$

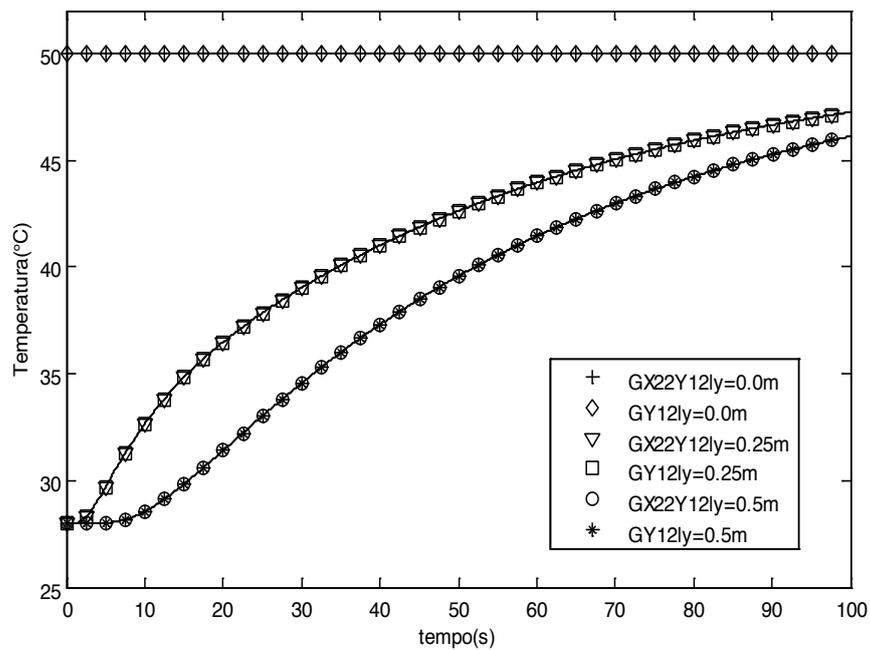
A verificação intrínseca foi realizada considerando o problema unidimensional. Os desvios entre as temperaturas do problema X22Y12 e o seu respectivo problema unidimensional são apresentadas. A Figura 3(a) apresenta a verificação entre X22Y22 e X22, levando-se em conta um fluxo $q_1'' = 10^5 \text{ Wm}^{-2}$ em $x = 0$ e para todo y , e em $x = L$ toda superfície isolada, $T_0 = 28 \text{ °C}$ e $T_1 = 50 \text{ °C}$. A Figura 3(b) apresenta o desvio entre as duas soluções em $x = 0 \text{ m}$, $x = 0,025 \text{ m}$ e $x = 0,05 \text{ m}$. É possível observar a boa concordância entre as soluções e o maior erro foi obtido em $x = 0 \text{ m}$ nos instantes iniciais. A Figura 3(c) apresenta a verificação entre X22Y22 e Y12, levando-se em conta $q_0'' = q_2'' = 0,1 \text{ Wm}^{-2}$, $T_0 = 28 \text{ °C}$ e $T_1 = 50 \text{ °C}$. A Figura 3(d) apresenta o desvio entre as duas soluções em $y = 0 \text{ m}$, $y = 0,025 \text{ m}$ e $y = 0,05 \text{ m}$. Observa-se um pequeno desvio entre as duas soluções. O maior erro foi obtido nos instantes iniciais, em $y = 0,0025 \text{ m}$ e $y = 0,05 \text{ m}$.



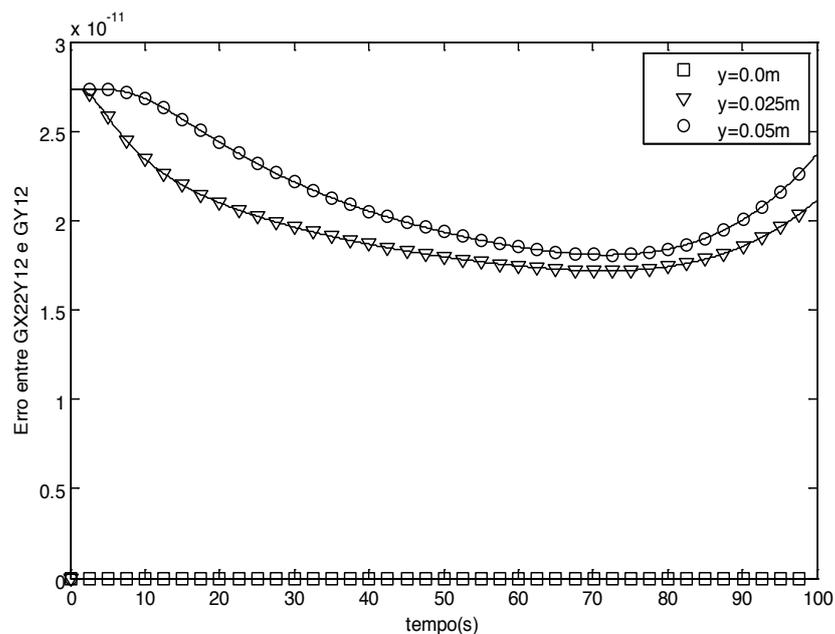
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 3 - (a) Verificação entre X22Y12 e X22 em $y=W/2$; (b) Erro entre X22Y12 e X22 em $y=W/2$; (c) Verificação entre X22Y12 e Y12 em $x=L/2$; (d) Erro entre X22Y12 e Y12 em $x=L/2$

4 | CONCLUSÕES

A partir da solução analítica encontrada para o problema X22Y12 foi possível determinar o perfil de temperatura do problema proposto. A verificação intrínseca foi realizada com os problemas X22 e Y12 nos eixos x e y , respectivamente. O maior erro encontrado foi de 0,016 e de $2,735 \times 10^{-11}$ nos eixos x e y , respectivamente, e

ocorreu nos instantes iniciais.

REFERÊNCIAS

Cole, K. D.; Beck, J. V.; Haji-Sheikh, A.; Litkouhi, B. "Heat Conduction Using Green's Function". Washington, DC: Hemisphere Publishing, 1992.

Fernandes, A. P. "Funções de Green: Soluções analíticas Aplicadas e Problemas Inversos em Condução de Calor". Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, 2009.

Özişik, M. N. "Heat Conduction". 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1993.

SOBRE O ORGANIZADOR

CLEBERTON CORREIA SANTOS- Graduado em Tecnologia em Agroecologia, mestre e doutor em Agronomia (Produção Vegetal). Tem experiência nas seguintes áreas: agricultura familiar, indicadores de sustentabilidade de agroecossistemas, uso e manejo de resíduos orgânicos, propagação de plantas, manejo e tratos culturais em horticultura geral, plantas medicinais exóticas e nativas, respostas morfofisiológicas de plantas ao estresse ambiental, nutrição de plantas e planejamento e análises de experimentos agropecuários.

(E-mail: cleber_frs@yahoo.com.br) – ORCID: 0000-0001-6741-2622

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acidentes 109, 310, 311, 312, 313, 314

Aminas primárias 81, 84, 85

Atividade antioxidante 144, 146, 151, 152, 153, 155, 156

B

Bioimpressão 193, 194, 195, 196, 199

C

Castanhola 74, 75, 79

Compostos multifuncionais 64, 67

Compressores Herméticos 34, 35, 36, 39, 40

Construção Civil 102, 105, 112, 113, 157, 179, 363

CPTEC 205, 206, 207, 208, 217

E

Equações lineares 45, 233, 236, 237, 238, 239, 240, 353

Estrutura axiomática 183, 186, 189

F

Fonte de fissão 41, 42, 44, 45, 47, 48, 49

G

Geoprocessamento 1, 2

H

Hemocentro 317, 322, 323, 324, 326

Hibridização 64, 65, 67, 68, 69, 71

L

Lesson Study 218, 219, 220, 221, 222, 224, 225

Leveduras 8

M

Mapeamento 1, 2, 3, 4, 6, 7, 181, 280

Mecânicas de eritrócitos 226

Multi-objetivo 277, 278, 279, 281, 282, 283, 284, 287

Mutagênese 8, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18

P

PHB/PC 253, 254, 257, 261, 262, 264

Protocolos de redes 52

R

Redes neurais 349, 350, 351, 354, 356, 358, 359, 360, 361, 362

Risco de inundação 1, 3, 4, 5, 6, 7

S

Smart Grids 51, 52, 53, 61

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-622-5

