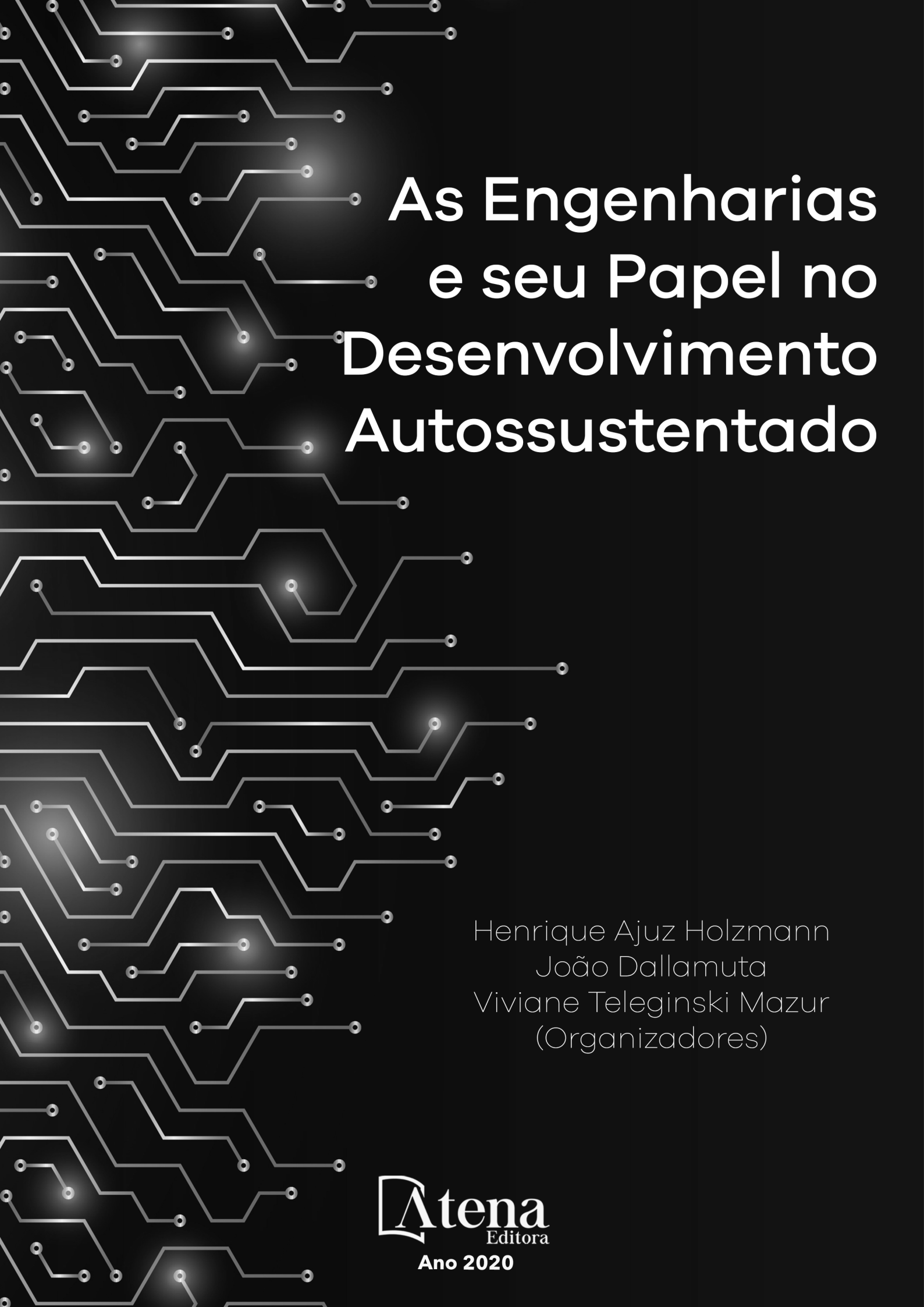


As Engenharias e seu Papel no Desenvolvimento Autossustentado

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
Viviane Teleginski Mazur
(Organizadores)

**Atena**
Editora
Ano 2020



As Engenharias e seu Papel no Desenvolvimento Autossustentado

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
Viviane Teleginski Mazur
(Organizadores)

**Atena**
Editora
Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Lorena Prestes

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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^a Dr^a Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof^a Dr^a Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Prof^a Dr^a Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

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 Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Prof^a Dr^a Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^a Dr^a Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^a Dr^a Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof^a Dr^a Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

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. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^a Dr^a Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof^a Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof^a Dr^a Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Prof^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E57	<p>As engenharias e seu papel no desenvolvimento autossustentado [recurso eletrônico] / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta, Viviane Teleginski Mazur. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-146-6 DOI 10.22533/at.ed.466203006</p> <p>1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Dallamuta, João. III. Mazur, Viviane Teleginski.</p> <p style="text-align: right;">CDD 658.5</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

As obras As Engenharias e seu Papel no Desenvolvimento Autossustentado Vol. 1 e 2 abordam os mais diversos assuntos sobre métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação do homem com o meio ambiente e seus recursos.

O Volume 1 está disposto em 24 capítulos, com assuntos voltados a engenharia elétrica, materiais e mecânica e sua interação com o meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis, além do panorama sobre novos métodos de obtenção limpa da energia.

Já o Volume 2, está organizado em 27 capítulos e apresenta uma vertente ligada ao estudo dos solos e águas, da construção civil com estudos de sua melhor utilização, visando uma menor degradação do ambiente; com aplicações voltadas a construção de baixo com baixo impacto ambiental.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões sobre temas atuais nas engenharias, de maneira aplicada as novas tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura!

Henrique Ajuz Holzmann

João Dallamuta

Viviane Teleginski Mazur

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DE INFRAESTRUTURA E DEMANDA ENERGÉTICA PARA INSERÇÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS NO BRASIL	
Mailson Gonçalves Morais Gian Lucas Martins Vagner Silva Guilherme DOI 10.22533/at.ed.4662030061	
CAPÍTULO 2	14
ELETRODEPOSIÇÃO DE SEMICONDUTORES PARA APLICAÇÃO EM ENERGIA RENOVÁVEL	
Victor Rocha Grecco DOI 10.22533/at.ed.4662030062	
CAPÍTULO 3	28
INVESTIGAÇÃO DAS GRANDEZAS QUE IMPACTAM NA VIDA ÚTIL DE UM TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA	
Giancarlo de França Aguiar Bárbara de Cássia Xavier Cassins Aguiar DOI 10.22533/at.ed.4662030063	
CAPÍTULO 4	40
NOVA ABORDAGEM METODOLÓGICA PARA AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE DATACENTERS - O ÍNDICE EUED (ENERGY USAGE EFFECTIVENESS DESIGN)	
Alexandre Fernandes Santos Pedro Dinis Gaspar Heraldo José Lopes de Souza DOI 10.22533/at.ed.4662030064	
CAPÍTULO 5	58
MÓDULO DE SENSORIAMENTO INERCIAL APLICADO À CAPTURA DE MOVIMENTO DA MARCHA NA PARALISIA CEREBRAL	
Lucas Novaki Ribeiro Rafael Traldi Moura DOI 10.22533/at.ed.4662030065	
CAPÍTULO 6	67
CALCULANDO SENSORES LAMBDA, TPS E MAP COM EXATIDÃO MÁXIMA	
Robson Eduardo dos Anjos Schneider Aline Brum Loreto Eduardo Rorato Guarienti Matheus Brondani de Vargas DOI 10.22533/at.ed.4662030066	
CAPÍTULO 7	78
CÁLCULO VIA DISCRETIZAÇÃO DE PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS DE FIGURAS PLANAS	
Arthur Coutinho de Araújo Pereira Pedro Henrique Tomaz Fernandes Carlos Antônio Taurino de Lucena Ângelo Vieira Mendonça DOI 10.22533/at.ed.4662030067	

CAPÍTULO 8	95
UTILIZANDO A TRANSFORMADA RÁPIDA DE FOURIER NA IDENTIFICAÇÃO DO FENÔMENO NÃO LINEAR EM SISTEMAS DINÂMICOS	
Marcelo Henrique Belonsi Maria Francisca da Cunha Manoel Moraes Junqueira DOI 10.22533/at.ed.4662030068	
CAPÍTULO 9	103
DIMENSIONAMENTO DE PISTÃO MAGNETO REOLÓGICO UTILIZANDO ANÁLISE NUMÉRICA	
Lays Cristina Gama Lopes Luiz Fernando Cótica Ivair Aparecido dos Santos DOI 10.22533/at.ed.4662030069	
CAPÍTULO 10	119
SINTONIA DE UM CONTROLADOR PID PARA UM SISTEMA MASSA-MOLA-AMORTECEDOR DE UM GRAU DE LIBERDADE	
Isabela Kimie Ota Daniel Almeida Colombo DOI 10.22533/at.ed.46620300610	
CAPÍTULO 11	124
AVALIAÇÃO DO USO DE MÓDULOS TERMOELÉTRICOS COMO DISPOSITIVO DE RECUPERAÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA	
Marco Antonio Rodrigues de Brito Marcus Costa de Araújo DOI 10.22533/at.ed.46620300611	
CAPÍTULO 12	141
VARIAÇÃO DA ALCALINIDADE DOS FLUIDOS DE PERFURAÇÃO COM BIODIESEL	
Elba Gomes dos Santos Leal Rui Carlos de Sousa Mota Ricardo Guilherme Kuentzer Bento Pereira da Costa Neto Danilo Matos Moura DOI 10.22533/at.ed.46620300612	
CAPÍTULO 13	154
COMPARAÇÃO DE ÍNDICES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E EMISSÕES DO SEGMENTO DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS	
Mauro Donizeti Berni Paulo Cesar Manduca DOI 10.22533/at.ed.46620300613	
CAPÍTULO 14	162
DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO PARA ENSAIO DE IMPACTO POR QUEDA DE PESO EM BORDA DE COMPÓSITOS	
João Pedro Inácio Varela Joseph Bruno Rodrigues Almeida Wanderley Ferreira de Amorim Júnior DOI 10.22533/at.ed.46620300614	

CAPÍTULO 15 176

PRODUÇÃO DE FOTOCATALISADORES UTILIZANDO CINZAS RESIDUAIS

Mara Heloisa Neves Olsen Scaliante

Aline Domingues Gomes

Lucas de Souza Borban

Jean César Marinozi Vicentini

DOI 10.22533/at.ed.46620300615

CAPÍTULO 16 191

EFEITO DA GRANULOMETRIA DA FIBRA DE COCO VERDE NA ADSORÇÃO DE COMPOSTOS PROVENIENTES DO PETRÓLEO

Isadora Barreto Coutinho

Inês Aparecida Santana

Antonia Miwa Iguti

DOI 10.22533/at.ed.46620300616

CAPÍTULO 17 203

APLICABILIDADE DE NANOCOMPÓSITOS A BASE DE NANOPARTÍCULAS DE CARBONO EM EMBALAGENS ALIMENTÍCIAS

Anne Caroline da Silva Rocha

Livia Rodrigues de Menezes

Emerson Oliveira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.46620300617

CAPÍTULO 18 212

DEGRADAÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO POR Nb_2O_5 SUPORTADO EM SiO_2

Thais Delazare

Rodrigo da Silva Neu

Emerson Schwingel Ribeiro

DOI 10.22533/at.ed.46620300618

CAPÍTULO 19 221

OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE $Ba_xSr_{1-x}Co_yFe_{1-y}O_{3+\Delta}$ PARA PREPARAÇÃO DE CAMADA FUNCIONAL DO ELETRODO CATÓDICO DAS CÉLULAS A COMBUSTÍVEL DO TIPO IT-SOFC

Mariana Lima

Everton Bonturim

Marco Andreoli

Nelson Batista de Lima

Emília Satoshi Miyamaru Seo

DOI 10.22533/at.ed.46620300619

CAPÍTULO 20 231

ESTUDO DA FIBRA DA URTIGA E DO ALGODÃO COLORIDO ORGÂNICO: DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS PARA O VESTUÁRIO POR MEIO DO CRUZAMENTO DE FIBRAS

Giulia Mendonça Tenorio de Alburquerque

Ronaldo Salvador Vasques

Fabício de Souza Fortunato

Camila Pereira

DOI 10.22533/at.ed.46620300620

CAPÍTULO 21 239

ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE ACESSÓRIOS VOLTADOS PARA O VESTUÁRIO UTILIZANDO COMO MATÉRIA-PRIMA O COURO DE KOMBUCHA

Caroline Schuch Klein
Ana Beatriz Pires da Silva
Ronaldo Salvador Vasques
Luciane do Prado Carneiro
Fabrício de Souza Fortunato

DOI 10.22533/at.ed.46620300621

CAPÍTULO 22 247

PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL APLICADO AO PRÉ-TRATAMENTO DA BATATA DOCE COM ÁCIDO CÍTRICO E À SECAGEM PARA AVALIAÇÃO DA COR

Tamires Barlati Vieira da Silva
Ana Paula da Silva Sbrunhera
Priscila Dayane de Freitas Santos
Thaysa Fernandes Moya Moreira
Anielle de Oliveira
Fernanda Vitória Leimann Bogdan
Demczuk Junior

DOI 10.22533/at.ed.46620300622

CAPÍTULO 23 259

CARACTERIZAÇÃO DE MEL E HIDROMEL ATRAVÉS DE CROMATOGRAFIA LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA

Marcello Lima Bertuci
Lígia Boarin Alcalde
Silvia Maria Martelli
Évelin Marinho de Oliveira
Angela Dulce Cavenaghi Altemio

DOI 10.22533/at.ed.46620300623

CAPÍTULO 24 265

ESTUDO DA PRODUÇÃO DE PRODUTOS DE EXTRATOS ALCOÓLICOS CONCENTRADOS E DE ÁLCOOL GEL A PARTIR DE DESCARTES DE BEBIDAS ALCOÓLICAS

Pierre Correa Martins
Gabriel Alexandre Clemente
Pedro Passador Bittencourt de Sá
João Alves de Medeiros Neto
Heloísa Barbosa de Oliveira
Lara Patrício Ferreira
Daniel Felipe Lima Soares
Nilmara Beatriz Sousa de Oliveira
Raquel de Medeiros Neto
Thayze Rodrigues Bezerra Pessoa
Joselma Araújo de Amorim
Vital de Souza Queiróz

DOI 10.22533/at.ed.46620300624

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 279

ÍNDICE REMISSIVO 280

CÁLCULO VIA DISCRETIZAÇÃO DE PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS DE FIGURAS PLANAS

Data de aceite: 19/06/2020
Data de submissão: 13/03/2020

Arthur Coutinho de Araújo Pereira

Universidade Federal da Paraíba – UFPB,
Centro de Tecnologia
João Pessoa – PB
<http://lattes.cnpq.br/7182255000778134>

Pedro Henrique Tomaz Fernandes

Universidade Federal da Paraíba – UFPB,
Centro de Tecnologia
João Pessoa – PB
<http://lattes.cnpq.br/3672330897342429>

Carlos Antônio Taurino de Lucena

Universidade Federal da Paraíba – UFPB,
Centro de Tecnologia
João Pessoa – PB
<http://lattes.cnpq.br/2275853616275210>

Ângelo Vieira Mendonça

Universidade Federal da Paraíba – UFPB,
Centro de Tecnologia
João Pessoa – PB
<http://lattes.cnpq.br/2283433515334530>

RESUMO: Uma ferramenta computacional disponível para realizar cálculos é sempre bem-vinda. Problemas de determinação das propriedades geométricas de seções transversais formadas por figuras mais complexas podem ser tediosas,

especialmente aquelas com regiões poligonais e setoriais circulares. A solução do problema é geralmente feita pela discretização dessas áreas por elementos triangulares, até mesmo em áreas não poligonais (tais como as setoriais circulares). Neste caso, é necessária a utilização de um grande número desses elementos triangulares para que se aproxime satisfatoriamente o contorno discretizado da geometria circular exata, implicando em um maior número de dados de entrada requerido e um esforço computacional maior já que mais cálculos devem ser processados. Assim, neste artigo tem-se o objetivo de apresentar uma ferramenta simplificadora para o cálculo automatizado de propriedades geométricas de figuras planas mistas utilizando elementos mais apropriados para áreas poligonais e setoriais circulares. Para este fim, um novo elemento (aqui chamado de discoide) é proposto para representar as regiões curvas, sendo que as deduções matemáticas desse elemento são devidamente aqui discutidas. Exemplos representativos são apresentados para diversas seções transversais mistas e os resultados automatizados são comparados com cálculos feitos manualmente.

PALAVRAS-CHAVE: Mecânica. Propriedades Geométricas. Discretização.

CALCULATION BY DISCRETIZATION OF GEOMETRICAL PROPERTIES OF PLANAR FIGURES

ABSTRACT: An available computational tool to perform exhausting calculations is always welcome. Problems in determining the geometric properties of more complex cross sections can be tedious especially those cases containing both polygonal and sectorial circular regions. The solution to the problem is usually done by discretizing these areas by triangular elements, even in non-polygonal areas (such as circular sectors). In this case, it is necessary to use a large number of these triangular elements in order to satisfactorily approach the discretized contour to the exact circular geometry, implying one greater number of input data required and a greater computational cost since more calculations must be processed. Thus, this article aims to present a simplifying tool for the automated calculation of geometric properties of mixed flat figures using elements more appropriate for polygonal and circular sector areas. For this purpose, a new element (called discoid) is proposed to represent the curved regions, and the mathematical derivations for that element are properly discussed. Representative examples are presented for several mixed cross sections and the automated results are compared with calculations done by hand.

KEYWORDS: Mechanics. Geometric Properties. Discretization. Plane Figures.

1 | INTRODUÇÃO

A engenharia das estruturas está intimamente ligada à aplicação dos conceitos de centroide, momento e produto de inércia para análise de estruturas. É por meio do estudo destas propriedades geométricas das seções transversais que se pode entender melhor como as deformações e curvaturas se relacionam com os esforços do ponto de vista da geometria. O cálculo manual dessas propriedades é uma tarefa, que por muitas vezes, pode ser trabalhosa e demorada, já que as formas a serem calculadas podem variar em diferentes formatos e inclinações. Assim, o cálculo computacional pode oferecer vantagens tais como comodidade e qualidade dos cálculos para o usuário.

Do ponto de vista de estratégias de solução, considera-se como polígono qualquer região plana ligada por um conjunto finito de segmentos de linha que formam uma curva simples fechada (O'Rourke, 1998), afirma-se que todo polígono é passível de uma triangulação. Esta afirmação é provada pela existência de uma diagonal neste polígono e tal fato se dá pelos lemas de que todo polígono deve ter ao menos um vértice convexo e de que todo polígono com quatro ou mais lados possui uma diagonal (O'Rourke, 1998).

No entanto, quando a discretização por elementos triangulares é aplicada à áreas não poligonais é necessária a utilização de um grande número desses elementos triangulares para que o contorno discretizado se aproxime satisfatoriamente da geometria circular exata conforme mostrado na Fig. 1.

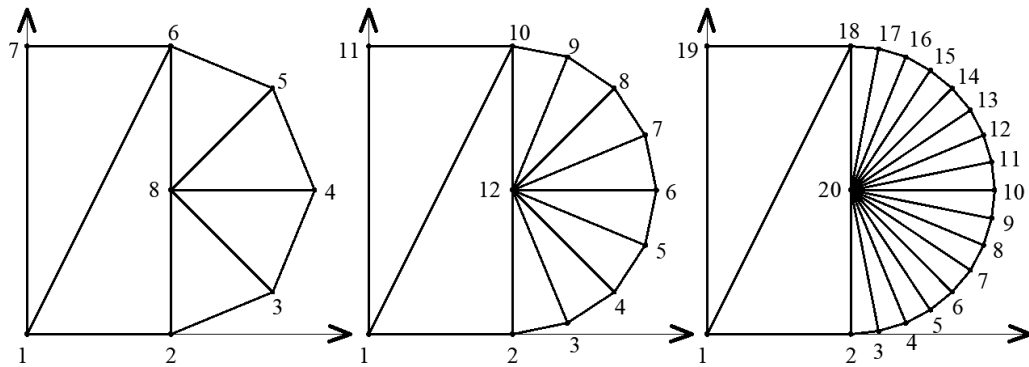


Figura 1. Discretização triangular em figuras não poligonais.

Com o intuito de reduzir o número de elementos a serem discretizados, aliviando o custo computacional, neste trabalho é proposto não só elementos triangulares, mas também discretização com setores de círculos, conforme indicado na Fig 2 de modo a possibilitar a generalização do método do cálculo, assim abrangendo variadas formas de seções transversais.

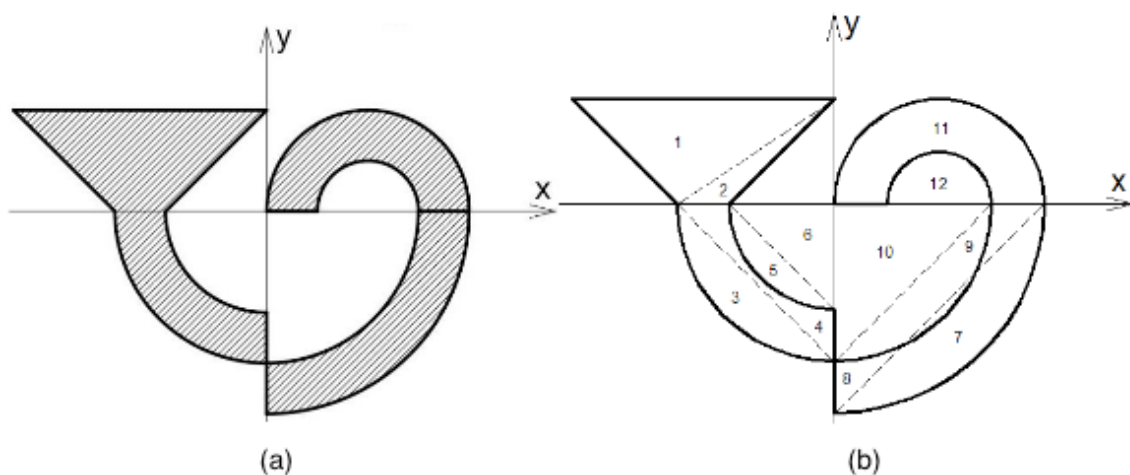


Figura 2. a) Seção real. b) Seção discretizada.

2 | DESENVOLVIMENTO

Nesta seção serão discutidas as etapas necessárias para a determinação das propriedades geométricas das figuras planas, desde deduções matemáticas das propriedades requeridas, passando pela alimentação dos dados de entrada, e finalizando com as validações numéricas.

2.1 Cálculo das propriedades

Algumas propriedades de área de interesse neste artigo são a própria área, os momentos de inércia (I_x, I_y), o produto de inércia (I_{xy}), os momentos estáticos (Q_x, Q_y) e as coordenadas do centroide (\bar{x}, \bar{y}). As figuras mistas de interesse são compostas por regiões poligonais e por setoriais circulares. Primeiramente, serão apresentadas o cálculo das regiões poligonais.

2.1.1 Regiões Poligonais

Para o cálculo das propriedades geométricas das regiões poligonais, a solução é obtida pela discretização em triângulos, cujas expressões apresentadas nesta seção foram obtidas utilizando ferramentas já consolidadas no cálculo analítico de integrações requeridas na dedução de matrizes de rigidez e de massa de alguns elementos finitos triangulares, vide Hutton (2004) e Felippa (2004).

E assim, adotou-se o sistema de coordenadas naturais de triângulo. Considerando o triângulo de área A_e , representado na Fig. 3, tem-se um ponto P interno ao triângulo de coordenadas x, y , sendo $A_1, A_2, e A_3$ e as áreas dos triângulos P23, P31 e P12, respectivamente. Relacionando essas áreas, define-se o ponto P por ϵ_1, ϵ_2 e ϵ_3 :

$$\epsilon_1 = \frac{A_1}{A_e}, \quad \epsilon_2 = \frac{A_2}{A_e}, \quad \epsilon_3 = \frac{A_3}{A_e} \quad (1)$$

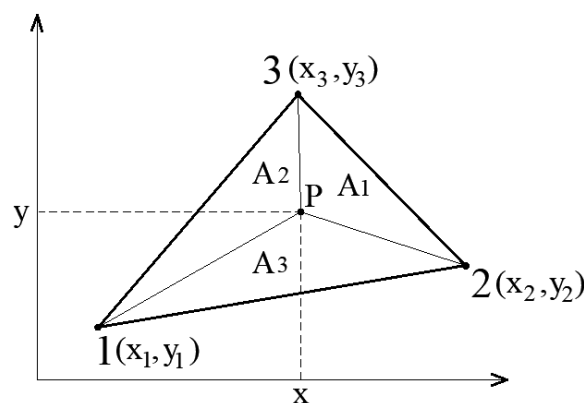


Figura 3. Ponto P.

Assim, sabendo que $A_e = A_1 + A_2 + A_3$ e que (x_i, x_j, x_k) e (y_i, y_j, y_k) são as coordenadas dos vértices dos triângulos, e utilizando a Eq. (1), para o desenvolvimento deste estudo, chega-se nas expressões:

$$x = x_i \epsilon_1 + x_j \epsilon_2 + x_k \epsilon_3, \quad y = y_i \epsilon_1 + y_j \epsilon_2 + y_k \epsilon_3 \quad (2)$$

$$\epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3 = 1 \quad (3)$$

Cada ponto dos triângulos será representado pelo conjunto ϵ_1, ϵ_2 e ϵ_3 que são as coordenadas naturais Hutton(2004). Por meio deste sistema de coordenadas, expressões da área, do centroide e dos momentos de uma figura plana podem ser escritas.

2.1.1. 1 Área

Para o cálculo da área dos elementos triangulares, utiliza-se o conhecimento de Produto Vetorial e sua aplicação geométrica no cálculo de uma área através de dois vetores. Tomando \vec{F} e \vec{G} como Eq.(4) e Eq.(5), e as suas respectivas coordenadas referente ao sistema representado na Fig. 4, e fazendo produto vetorial na Eq. (6), chega-se à:

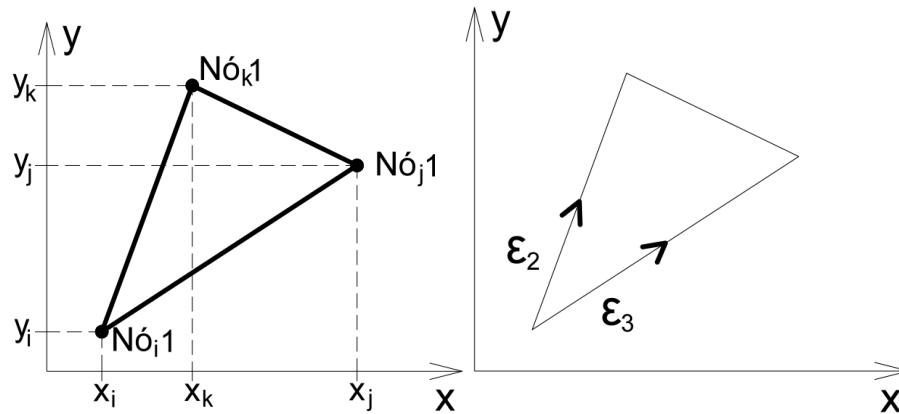


Figura 4. Sistema de coordenadas naturais de triângulo.

$$\vec{F} = (x_j - x_i)\hat{i} + (y_j - y_i)\hat{j} + \vec{0}\hat{k} \quad (4)$$

$$\vec{G} = (x_k - x_i)\hat{i} + (y_k - y_i)\hat{j} + \vec{0}\hat{k} \quad (5)$$

$$\vec{F} \times \vec{G} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ (x_j - x_i) & (y_j - y_i) & 0 \\ (x_k - x_i) & (y_k - y_i) & 0 \end{vmatrix} \quad (6)$$

$$A\vec{k} = (x_j - x_i)(y_k - y_i)\vec{k} + (x_k - x_i)(y_j - y_i)\vec{k} \quad (7)$$

Portanto, como se trata de um elemento triangular, tem-se a área dada por:

$$A = \frac{1}{2} [(x_j - x_i)(y_k - y_i) + (x_i - x_k)(y_j - y_i)] \quad (8)$$

2.1.1.2 Momento e produto de Inércia

Por definição, os momentos de inércia em relação aos eixos x e y são dados por:

$$I_x = \int_A y^2 dA \quad , \quad I_y = \int_A x^2 dA \quad (9)$$

Se o espaço $\epsilon_2\epsilon_3$ para mapear o elemento triangular, com ϵ_2 variando de zero a um e ϵ_3 variando de zero a , a Eq. (9) em função do sistema de coordenadas triangular

homogêneo fica:

$$I_x = \int_0^1 \int_0^{1-\varepsilon_1} (y_i \varepsilon_1 + y_j \varepsilon_2 + y_k \varepsilon_3)^2 |J| d\varepsilon_2 d\varepsilon_3 \quad (10)$$

$$I_y = \int_0^1 \int_0^{1-\varepsilon_1} (x_i \varepsilon_1 + x_j \varepsilon_2 + x_k \varepsilon_3)^2 |J| d\varepsilon_2 d\varepsilon_3 \quad (11)$$

onde,

$$|J| = 2A \quad (12)$$

$$dA = dx dy = |J| d\varepsilon_2 d\varepsilon_3 = 2A d\varepsilon_2 d\varepsilon_3 \quad (13)$$

Expandindo-se (10) resulta em:

$$I_x = \int_A (y_i^2 \varepsilon_1^2 + y_j^2 \varepsilon_2^2 + y_k^2 \varepsilon_3^2) dA + 2 \int_A (y_i y_j \varepsilon_1 \varepsilon_2 + y_i y_k \varepsilon_1 \varepsilon_3 + y_j y_k \varepsilon_2 \varepsilon_3) dA \quad (14)$$

Para dar prosseguimento aos cálculos de interesse, tem-se uma importante relação envolvendo as coordenadas ε_n Hutton(2004):

$$\int_A \varepsilon_1^p \varepsilon_2^q \varepsilon_3^r dA = 2A \frac{p! q! r!}{(p + q + r + 2)!} , \quad i \geq 0, j \geq 0 \text{ e } k \geq 0 \quad (15)$$

De acordo com Felippa(2004), a Eq.(15) somente é válida para triângulos com lados retos e não se aplica a elementos de ordem superior com lados curvos. Com auxílio de (15), a integração requerida em (14) fica:

$$I_x = \frac{A}{6} (y_i^2 + y_j^2 + y_k^2) + \frac{A}{6} (y_i y_j + y_i y_k + y_j y_k) \quad (16)$$

E, analogamente para o I_y dado em (11) resulta em:

$$I_y = \frac{A}{6} (x_i^2 + x_j^2 + x_k^2) + \frac{A}{6} (x_i x_j + x_i x_k + x_j x_k) \quad (17)$$

Uma outra propriedade de área de interesse é o denominado produto de inércia e expresso por:

$$I_{xy} = \int_A xy \, dA \quad (18)$$

Seguindo o mesmo raciocínio, combinando-se (18) e (2), e ainda realizando a integração com auxílio de (15) resulta em:

$$I_{xy} = \frac{A}{12} (x_k y_i + x_i y_k + x_i y_j + x_j y_i + x_k y_j + x_j y_k) + \frac{A}{6} (x_i y_i + x_j y_j + x_k y_k) \quad (19)$$

Convém notar que os valores encontrados na Eq. (16), (17) e (19) estão associados a um sistema cartesiano (x, y) , com origem arbitrária.

2.1.1.3 Momentos estáticos e centróide de áreas

Por definição os momentos estáticos em relação aos eixos x e y são dados respectivamente por:

$$Q_x = \int_A y \, dA \quad , \quad Q_y = \int_A x \, dA \quad (20)$$

Aplicando a Eq. (2) nas Eq. (20) e ainda com o auxílio de (15), tem-se:

$$Q_x = \frac{A}{3} (y_i + y_j + y_k) \quad , \quad Q_y = \frac{A}{3} (x_i + x_j + x_k) \quad (21)$$

As coordenadas \bar{x} e \bar{y} do centroide de uma área são dadas por:

$$\bar{x} = \frac{\int_A x \, dA}{\int_A dA} \quad , \quad \bar{y} = \frac{\int_A y \, dA}{\int_A dA} \quad (22)$$

2.1.1 Regiões circulares

Diferentemente da solução para regiões poligonais, onde técnicas já consagradas são utilizadas na obtenção das expressões de interesse, no caso das regiões circulares apresenta-se uma nova proposta de soluções específicas para calcular propriedades geométricas de áreas circulares de forma que viabilize abranger variados formatos de figuras. Para isso é necessário encontrar um meio para se calcular as coordenadas \bar{x} e \bar{y} do centro do setor circular que compõe a área circular a ser trabalhada.

2.1.2.1 Coordenadas centrais de um setor circular

Sejam "i", "j" e "k" três pontos em uma circunferência, através dos quais são definidas as retas "r" e "t". Traçando-se perpendiculares a cada uma das retas "r" e "t", a partir do ponto médio de cada uma delas, estas mediatrizes, se interceptam no ponto C, interior, centro da circunferência, vide Fig. 5.

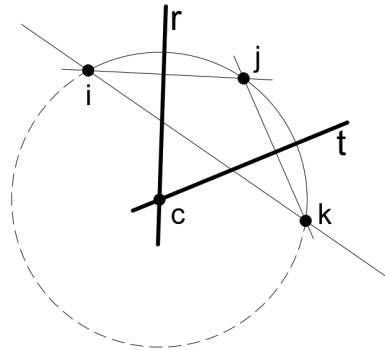


Figura 5. Centro de uma circunferência

Sejam $x_i, x_j, e x_k$ as abscissas referentes ao eixo x destes pontos e $y_i, y_j, e y_k$ as ordenadas referentes ao eixo y . Através da equação da reta: $y = ax + b$, e da reta perpendicular a mesma: $y = -\frac{x}{a} + b$, é possível encontrar as coordenadas do centro da circunferência.

Primeiramente, define-se a equação da reta "r" a partir da localização de dois pontos pertencentes a ela e do determinante da seguinte matriz:

$$\begin{vmatrix} x_i & y_i & 1 \\ x_j & y_j & 1 \\ x_k & y_k & 1 \end{vmatrix} = 0 \quad (23)$$

$$y = \frac{1}{(x_j - x_i)} - [(y_j - y_i)x - x_i x_j + x_j y_i] \quad (24)$$

Assim, com o valor de a e b tem-se a equação perpendicular à reta "r", e analogamente a da reta "t".

$$y_{r\perp} = \frac{(x_i - x_j)}{(y_j - y_i)}x + \frac{y_j^2 - y_i^2 + x_j^2 - x_i^2}{2(y_j - y_i)} \quad (25)$$

$$y_{t\perp} = \frac{(x_j - x_k)}{(y_k - y_j)}x + \frac{y_k^2 - y_j^2 + x_k^2 - x_j^2}{2(y_k - y_j)} \quad (26)$$

Igualando as expressões das ordenadas das retas "r" e "t", localiza-se a abscissa do centro da circunferência que passa pelos três pontos, i, j e k .

$$x_c = \frac{(y_k - y_j)(y_j^2 - y_i^2 + x_j^2 - x_i^2) - (y_j - y_i)(y_k^2 - y_j^2 + x_k^2 - x_j^2)}{2[(x_j - x_k)(y_j - y_i) - (x_i - x_j)(y_k - y_j)]} \quad (27)$$

A ordenada y_c do centro da circunferência pode ser encontrada substituindo o x da Eq. (25) ou (26) por x_c :

$$y_c = \frac{(x_j - x_k)}{(y_k - y_j)} x_c + \frac{(y_k^2 - y_j^2 + x_k^2 - x_j^2)}{2(y_k - y_j)} \quad (28)$$

2.1.2.2 Área e primeiro momento de um setor circular

Nesta sub-seção é deduzida a expressão para calcular a área de um setor circular a partir do seu raio, do seu ângulo de abertura e das coordenadas de três pontos pertencentes a ele, vide Fig. 6.

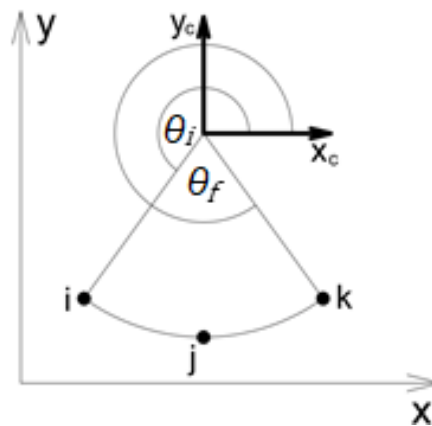


Figura 6. Ângulos de abertura de um setor circular.

A partir da Fig. 6, as seguintes relações podem ser escritas no sistema polar de coordenadas:

$$r = \sqrt{(x_i - x_c)^2 + (y_i - y_c)^2} \quad (29)$$

$$\theta_i = \arccos \frac{x_i - x_c}{r} \quad \text{e} \quad \theta_f = \arccos \frac{x_k - x_c}{r} \quad (30)$$

Assim, a área e os momentos estáticos de área do setor ficam:

$$A = \int_{\theta_i}^{\theta_f} \int_0^r r dr d\theta = \frac{x_c^2 + y_c^2}{2} \cdot (\theta_f - \theta_i) \quad (31)$$

$$Q_{x_{sc}} = A \cdot (y_{c_{sc}} + y_c) \quad , \quad Q_{y_{sc}} = A \cdot (x_{c_{sc}} + x_c) \quad (32)$$

2.1.2.3 Momento e produto de inércia de um setor circular

Os momentos e produtos de inércia em relação aos eixos (x_c, y_c) escritos no sistema polar de coordenadas são dados:

$$I_{x_c} = \int_{\theta_i}^{\theta_f} \int_0^r r^3 \cdot \text{sen}^2(\theta) \cdot dr \cdot d\theta = \frac{r^4}{8} \cdot (-\text{sen}(\theta_f) \cdot \cos(\theta_f) + \theta_f + \text{sen}(\theta_i) \cdot \cos(\theta_i) - \theta_i) \quad (33)$$

$$I_{y_c} = \int_{\theta_i}^{\theta_f} \int_0^r r^3 \cdot \cos^2(\theta) \cdot dr \cdot d\theta = \frac{r^4}{8} \cdot (\cos(\theta_f) \cdot \text{sen}(\theta_f) + \theta_f - \cos(\theta_i) \cdot \text{sen}(\theta_i) - \theta_i) \quad (34)$$

$$I_{x_{y_c}} = \int_{\theta_i}^{\theta_f} \int_0^r r^3 \cdot \text{sen}(\theta) \cdot \cos(\theta) \cdot dr \cdot d\theta = \frac{r^4}{8} \cdot (\text{sen}^2(\theta_f) - \text{sen}^2(\theta_i)) \quad (35)$$

Os valores calculados a partir destas fórmulas são referenciados em relação ao sistema de eixos com origem no centro do setor circular.

2.2 Acúmulo de valores

Calculadas todas as propriedades de cada elemento que compõe a figura, acumulam-se estes valores para que assim seja possível obter um resultado final.

2.2.1 Transportes

Através do Teorema de Steiner, os valores de momento e produto de inércia são transportados de um eixo para outro eixo paralelo com o objetivo de encontrar um valor final para o sistema de eixos globais da figura composta.

2.2.1.1 Regiões triangulares

Os momentos e o produto de inércia destes elementos foram calculados através da Eq. (16), (17) e (19) referentes a um dado sistema de eixos inicial. No entanto, em muitos casos são requeridos que os momentos e produtos de inércia sejam determinados em relação aos eixos centroidais da figura total. Após a determinação das coordenadas do centróide, aplicando-se o Teorema de Steiner (Teorema de Eixos Paralelos), as contribuições de cada elemento são transportadas para os eixos centroidais globais.

2.2.1.2 Regiões circulares

As regiões triangulares, como exemplo Fig. 7, passam por três transportes até que os seus valores de momentos e do produto de inércia sejam acumulados até seus valores finais.

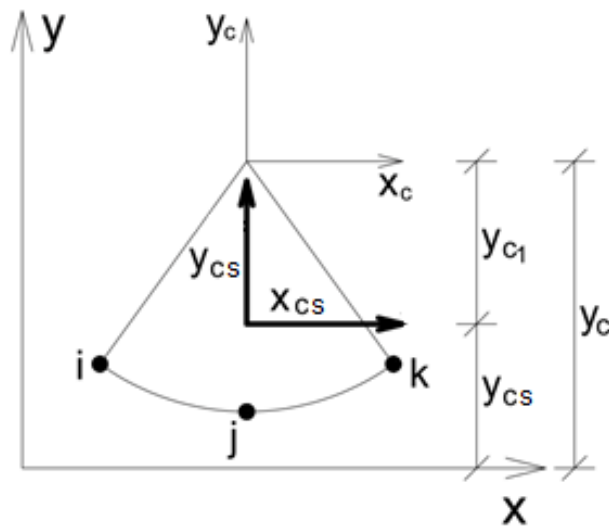


Figura 7. Distâncias entre eixos.

O primeiro transporte se dá do eixo localizado na origem do setor circular, ou seja, do centro do setor para os seus eixos centroidais. Utilizando-se da Eq. (22) e do sistema de coordenadas polares, é possível deduzir que as coordenadas do centroide do setor circular são dadas por:

$$x_{cs} = \frac{2 \cdot r \cdot \sin(\theta_f) - \sin(\theta_i)}{3 \cdot (\theta_f - \theta_i)} \quad , \quad y_{cs} = \frac{-2 \cdot r \cdot \cos(\theta_f) - \cos(\theta_i)}{3 \cdot (\theta_f - \theta_i)} \quad (36)$$

Com essas relações chega-se aos momentos e produto de inércia centroidais do setor:

$$I_{xs} = I_x - A y_{cs}^2 \quad , \quad I_{ys} = I_y - A x_{cs}^2 \quad , \quad I_{xys} = I_{xy} - A x_{cs} y_{cs} \quad (37)$$

A partir daí, é feito um novo transporte, o qual integrará o valor dos momentos e produto de inércia das regiões triangulares e circulares que compõem a figura total nas variáveis finais, obtendo o valor final destas propriedades no eixo centroidal global. O transporte é dos eixos centroidais do setor circular para os eixos globais, cuja nova distância é:

$$d_x = x_{cs} + x_c \quad , \quad d_y = y_{cs} + y_c \quad (38)$$

Dessa forma os momentos de inércia e produto de inércia com relação aos eixos globais são:

$$I_{xg} = I_{xs} + Ad_y^2 \quad , \quad I_{yg} = I_{ys} + Ad_x^2 \quad , \quad I_{xyg} = I_{xys} + Ad_x d_y \quad (39)$$

Calculadas todas as propriedades de cada elemento que compõe a figura, deve-se somar estes valores para, assim, obter um resultado final.

$$I_{Ix} = \sum_{i=1}^{nt} I_{xg} + \sum_{i=1}^{ns} I_{xg} \quad , \quad I_{Iy} = \sum_{i=1}^{nt} I_{yg} + \sum_{i=1}^{ns} I_{yg} \quad , \quad I_{Ixy} = \sum_{i=1}^{nt} I_{xy} + \sum_{i=1}^{ns} I_{xy} \quad (40)$$

Onde nt e ns são as quantidades de triângulos e setores circulares, respectivamente.

2.3 Momentos principais de inércia

A determinação dos momentos principais de inércia e respectivos eixos principais tem grande importância, já que representam os valores máximo e mínimo de momentos de inércia na figura. Os ângulos de inclinação podem ser calculados a partir dos momentos e produto de inércia dada em (40) resultando em:

$$2\theta_1 = \arctan\left(\frac{2I_{xy}}{I_x - I_y}\right) \quad (41)$$

$$2\theta_2 = 2\theta_1 + \pi \quad (42)$$

Os momentos máximo e mínimo de inércia são dados por:

$$I_1 = \frac{I_x + I_y}{2} + \left(\frac{I_x - I_y}{2}\right) \cos(2\theta_1) - I_{xy} \sin(2\theta_1) \quad (43)$$

$$I_2 = \frac{I_x + I_y}{2} + \left(\frac{I_x - I_y}{2}\right) \cos(2\theta_2) - I_{xy} \sin(2\theta_2) \quad (44)$$

2.4 Breve descrição do código desenvolvido

As expressões deduzidas na sub-seção 2.1 foram implementadas em um código computacional para melhor avaliar seus resultados.

Primeiramente, as regiões poligonais da figura a ser trabalhada deverá ser discretizada e terá cada triângulo formado enumerado. Os vértices dos triângulos serão enumerados

também e chamados de "Nó i ", "Nó j " e "Nó k ". Em seguida, são necessárias as coordenadas de cada "Nó" em relação ao sistema de referência .

Cada triângulo compreenderá uma parte da área da figura e se esta for "cheia" os "Nó i ", "Nó j " e "Nó k " deverão ser informados no sentido anti-horário, conforme Fig. 8. Já para os triângulos que compreenderão uma parte da área da figura que for vazada, a orientação dos "Nós" deverá ser informada no sentido horário.

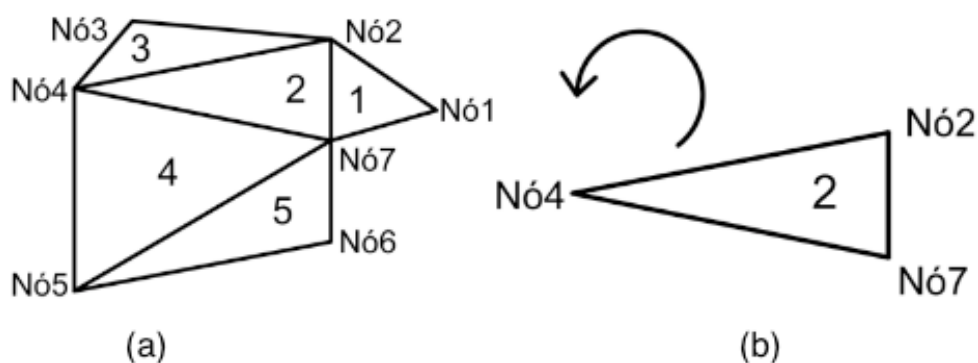


Figura 8. a) Discretização. b) Orientação.

Se a figura plana de interesse possuir uma área circular, esta deverá ser discretizada em setores circulares, os quais deverão ser divididos em um triângulo e em uma região circular. Assim, para essa região deverão ser nomeados e enumerados três "Nós", um no seu início, outro no final e um no meio, que pode estar em qualquer ponto delimitado pelo "Nós" do início e do fim. Propriedades da região triangular do setor serão excluídas do resultado final durante a execução do código por meio de uma troca de ordem na informação dos "Nós".

O semicírculo e a região circular do setor terão suas propriedades preservadas e as coordenadas dos seus "Nós" deverão ser informadas seguindo a norma dos sentidos anti-horário e horário para áreas cheias e vazadas, de forma semelhante aos setores triangulares, como é visto na Fig.9.

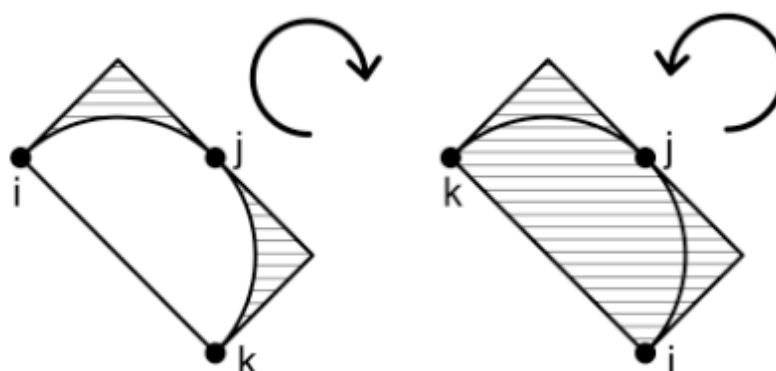
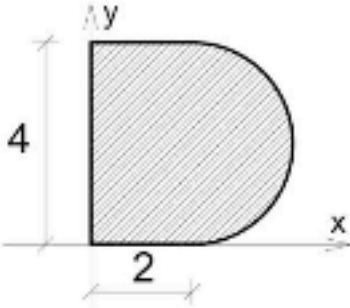
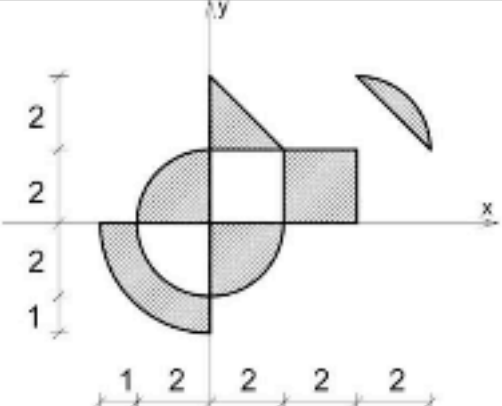
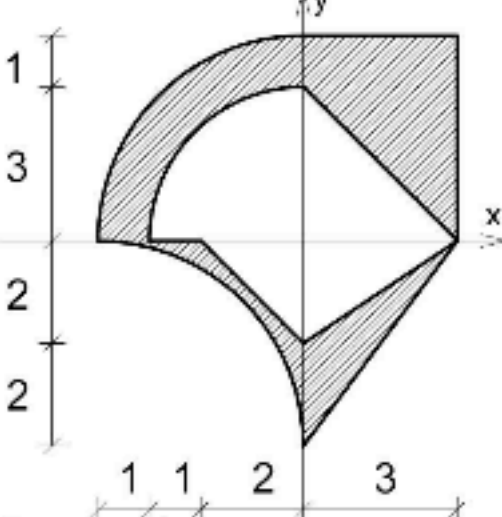


Figura 9. Figura de setor circular "cheio" (sentido anti-horário) e de setor circular "vazado" (sentido horário).

2.5 Validação numérica

Nesta sub-seção são apresentados os resultados computacionais e comparados com aqueles obtidos por cálculo feitos manualmente. Na Tabela 1 são mostradas as propriedades em relação aos eixos x, y . Já na Tabela 2, também estão incluídos os momentos principais de inércia e os ângulos de seus respectivos eixos.

Exemplo	Calculado pelo código	Calculado manualmente
	$A = 14,28318530 \text{ m}^2$ $X_{cg} = 1,813300 \text{ m}$ $Y_{cg} = 2,000000 \text{ m}$ $I_x = 16,949852 \text{ m}^4$ $I_y = 16,451986 \text{ m}^4$	$A = 14,28 \text{ m}^2$ $X_{cg} = 1,80 \text{ m}$ $Y_{cg} = 2,00 \text{ m}$ $I_x = 16,94 \text{ m}^4$ $I_y = 16,33 \text{ m}^4$
	$A = 17,3517687 \text{ m}^2$ $X_{cg} = 0,743422996 \text{ m}$ $Y_{cg} = 0,3813166672 \text{ m}$ $I_x = 48,230879898 \text{ m}^4$ $I_y = 78,863044004 \text{ m}^4$ $I_{xy} = 33,00553577 \text{ m}^4$	$A = 17,35168 \text{ m}^2$ $X_{cg} = 0,74307 \text{ m}$ $Y_{cg} = 0,3813 \text{ m}$ $I_x = 48,2421 \text{ m}^4$ $I_y = 78,5432 \text{ m}^4$ $I_{xy} = 32,7405 \text{ m}^4$
	$A = 17,431416 \text{ m}^2$ $X_{cg} = 0,1395267630 \text{ m}$ $Y_{cg} = 1,382493255 \text{ m}$ $I_x = 75,633973724 \text{ m}^4$ $I_y = 71,1110741335 \text{ m}^4$ $I_{xy} = 3,8256404091 \text{ m}^4$	$A = 17,4314 \text{ m}^2$ $X_{cg} = 0,1395 \text{ m}$ $Y_{cg} = 1,3825 \text{ m}$ $I_x = 75,6339 \text{ m}^4$ $I_y = 71,103 \text{ m}^4$ $I_{xy} = 3,8256 \text{ m}^4$

	$A = 20,13716694 \text{ m}^2$ $X_{cg} = 0,02109422 \text{ m}$ $Y_{cg} = -0,3310627 \text{ m}$ $I_x = 61,47395743 \text{ m}^4$ $I_y = 115,8549715 \text{ m}^4$	$A = 20,1369 \text{ m}^2$ $X_{cg} = 0,02115 \text{ m}$ $Y_{cg} = -0,3310 \text{ m}$ $I_x = 61,5034 \text{ m}^4$ $I_y = 115,876 \text{ m}^4$
--	---	---

Exemplo	Calculado pelo código	Calculado manualmente
	$A = 26,00 \text{ m}^2$ $X_{cg} = 0,3297647533 \text{ m}$ $Y_{cg} = -0,066753827 \text{ m}$ $I_x = 180,94627894 \text{ m}^4$ $I_y = 191,682863843 \text{ m}^4$ $I_{xy} = -69,49818506 \text{ m}^4$ $I_1 = 256,0197813 \text{ m}^4$ $I_2 = 116,6093614 \text{ m}^4$	$A = 26,00 \text{ m}^2$ $X_{cg} = -0,323 \text{ m}$ $Y_{cg} = -0,066 \text{ m}$ $I_x = 180,945 \text{ m}^4$ $I_y = 191,680 \text{ m}^4$ $I_{xy} = -69,498 \text{ m}^4$ $I_1 = 256,017 \text{ m}^4$ $I_2 = 116,607 \text{ m}^4$
	$A = 17,42699081 \text{ m}^2$ $X_{cg} = 0,794422729 \text{ m}$ $Y_{cg} = 0,594261774 \text{ m}$ $I_x = 62,240430736 \text{ m}^4$ $I_y = 63,93034254 \text{ m}^4$ $I_{xy} = 30,33918185 \text{ m}^4$ $I_1 = 93,43633236 \text{ m}^4$ $I_2 = 32,73444092 \text{ m}^4$	$A = 17,42690 \text{ m}^2$ $X_{cg} = 0,79847 \text{ m}$ $Y_{cg} = 0,59040 \text{ m}$ $I_x = 62,8298 \text{ m}^4$ $I_y = 64,5183 \text{ m}^4$ $I_{xy} = 29,7405 \text{ m}^4$ $I_1 = 93,426 \text{ m}^4$ $I_2 = 33,922 \text{ m}^4$

Tabela 2. Validação numérica(unidades em m)

Pode-se notar que os valores encontrados pelo código são consistentes com aqueles calculados manualmente

3 | CONCLUSÃO

Foi apresentada uma ferramenta computacional para o cálculo automatizado de propriedades geométricas de figuras planas mistas utilizando elementos mais apropriados para áreas poligonais e setoriais circulares. Com essa funcionalidade, não mais é necessário um intensa discretização por triângulos para que se tenha uma boa aproximação das regiões com contornos circulares. A partir dos valores obtidos e validados, calculados através de expressões deduzidas e implementadas num código, pode-se concluir que o código é funcional e proporciona uma redução de carga de trabalho ao usuário, já que menos dados de entrada são requeridos em geometrias mistas (polígonos e setores circulares). No entanto, como em qualquer sistema computacional, é indispensável que seja feita uma correta discretização, como também a numeração dos elementos e orientação de seus nós, para que se tenha resultados eficazes.

NOMENCLATURA

A	área, m ²	r	raio, m ²
x	coordenadas x dos vértices dos triângulos, m	d_y	variação no eixo y
y	coordenadas y dos vértices dos triângulos, m	d_x	variação no eixo x
$\hat{i}, \hat{j}, \hat{k}$	versores		
$d\varepsilon$	variação da coordenada natural		
$ J $	matriz jacobiana		
I	Momento de Inércia, m ⁴		
Q	Momento Estático, m ³		
\bar{y}	Coordenada centroidal do eixo y, m		
\bar{x}	Coordenada centroidal do eixo x, m		
		Letras gregas	
		ε	coordenada natural
		θ	ângulo de abertura
		Subscritos	
		$1,2,3$	índices
		i,j,k	posições na malha
		x,y	Relacionado ao eixo x e y, respectivamente
		xy	Relacionado ao eixo x e y

r_{\perp} reta perpendicular a "r"
 c_{sc} índice do centroide do setor
circular
 c coordenada x do centro do
setor circular

Sobrescritos

p índice exponencial
 q índice exponencial
 r índice exponencial

REFERÊNCIAS

Beer, P. F., Johnston, E. R. Jr., Mazurek, D. F. e Cornwell, P. J. Eisenberg, E. R., 2010. **Vector Mechanics for Engineers: Statics and Dynamics**, 9th edition. The McGraw-Hill Companies. Avenue of the Americas, New York.

Felippa, C. A., 2004. "**Introduction to Finite Element Methods**". Department of Aerospace Engineering Sciences and Center for Aerospace Structures, University of Colorado, USA.

Hibbeler, R. C., 2011. **Estática: Mecânica para Engenharia**. Pearson Prentice Hall, São Paulo, 12^a edição.

Hutton, D., 2004. **Fundamentals of Finite Element Analysis Method**. McGraw-Hill, Second Edition.

O'Rourke, J., 1998. **Computational Geometry in C**. Cambridge University Press, United Kingdom, 2nd Edition.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Alcalinidade 141, 142, 143, 144, 148, 149, 150, 151, 152
Análise dinâmica 95
Análise numérica 103, 104, 114, 116, 118

B

Biodiesel 142, 144, 147, 149, 150, 151, 152, 189

C

Captura de movimento 10, 58, 59
Cogeração 154, 159, 160
Combustão interna 1, 2, 3, 68, 73, 124, 125, 126, 127, 132, 135, 138
Controlador 119, 120, 122, 123
Corantes 176, 179, 213, 220

D

Demanda energética 1, 2, 4, 6, 127
Discretização 78, 79, 80, 81, 93

E

Eficiência energética 40, 42, 44, 45, 46, 48, 50, 55, 124, 154, 158, 159, 160
Eletr deposição 14, 15, 16, 20, 24, 27
Emissões de gases 127, 154
Energias renováveis 14, 26
Ensaio 162, 164, 165, 170, 172, 173, 195, 196, 208, 210, 269
Equação Diferenciais 95
Extensão da Vida Útil 28

F

Figuras planas 78, 80, 93
Fluido magneto reológico 103, 104, 105, 107, 109, 110, 113
fluidos 37, 54, 103, 107, 108, 135, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 152, 153
Fluidos 104, 108, 142, 153
Fluido Visco Plástico 103
Fotocatálise 176, 179, 186, 212, 213, 219

G

Gases de exaustão 124, 127, 133, 135, 136
Gases de Exaustão 134
Gerador termoelétrico 124, 128
Grandezas monitoradas 28, 34, 35

I

IEC 61850 28, 30, 37, 38

Impacto 3

IMU 58, 59, 60

Infraestrutura 1, 2, 3, 7, 11, 12, 42, 43, 44, 45, 48, 52, 59

Injeção eletrônica 67, 68, 69, 71, 76, 77

M

Matemática intervalar 67, 68, 70, 72, 73, 74, 75, 76

Materiais compósitos 162, 163, 170, 171, 175

Mecânica 9, 78, 94, 101, 103, 118, 124, 141, 175, 279

Método de Newmark 95, 97

Motor 2, 3, 36, 37, 58, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 98, 124, 125, 126, 127, 129, 132, 133, 135, 138

N

Não linearidades 95, 100

O

Óxido de cobre 14, 20, 25

Óxido de titânio 14, 20

P

Paralisia cerebral 10, 58, 59

Perfuração 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153

Perfuração 11, 141, 153

Peso 162, 163, 164, 165, 166, 169, 170, 171, 172, 174, 175, 176, 180, 266, 276, 277

PID 119, 120, 122, 123

Pistão MR 103, 110

Potência 8, 10, 28, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 46, 50, 51, 124, 126, 127, 131, 133, 136, 137, 138, 205

Precisão 20, 46, 65, 67, 71, 73, 74

Propriedades geométricas 78, 79, 80, 81, 84, 93, 134

S

Semicondutores 14, 15, 26, 124, 129, 134, 135, 136, 176, 179, 184, 187, 213

Sensor inercial 58

Suspensão coloidal 103

Suspensão Coloidal 103

T

Transformadores 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39

V

Veículo Elétrico 2, 3, 12, 13

Vibração 35, 108, 109, 119, 120, 123

 **Atena**
Editora
2 0 2 0