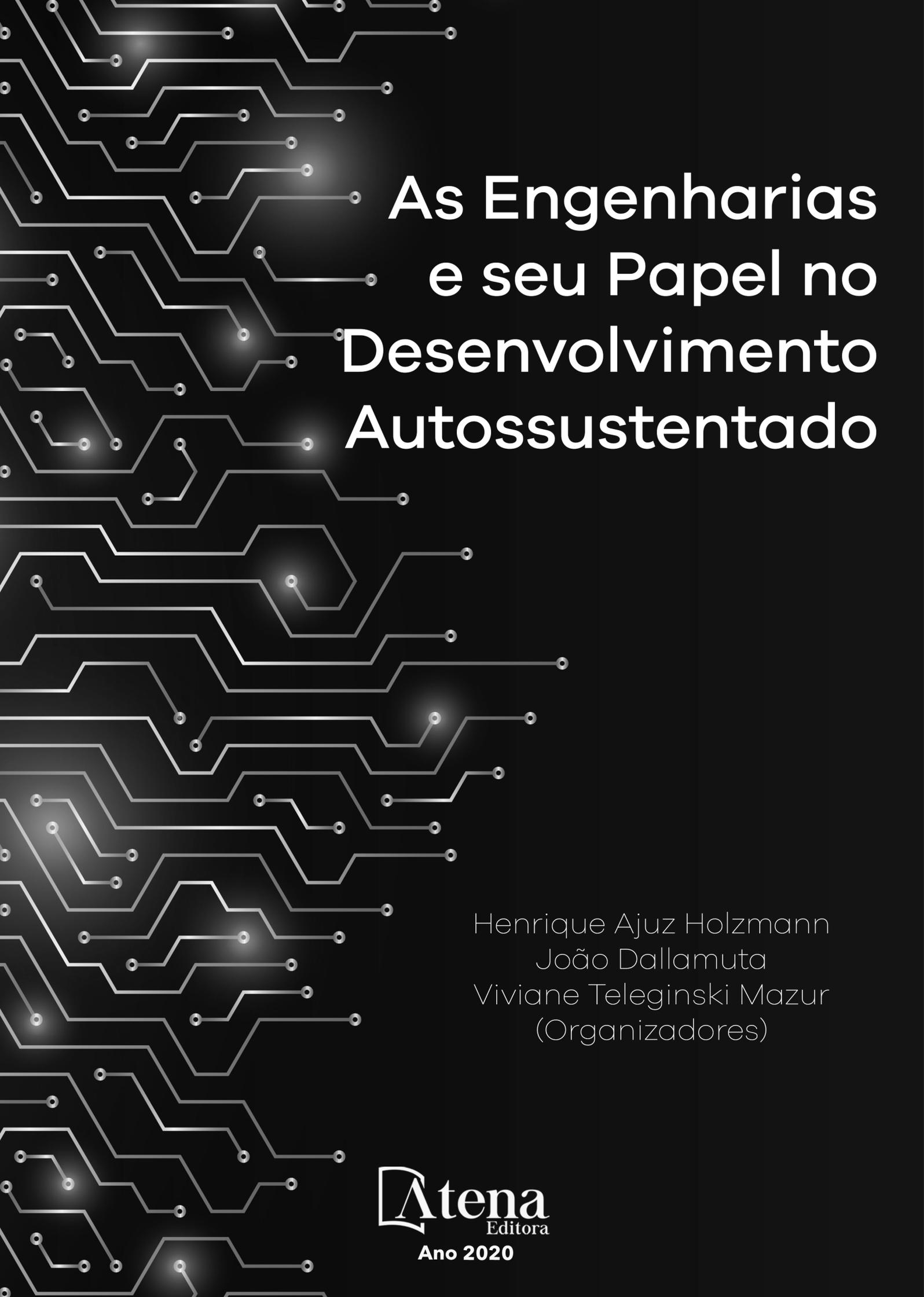


# As Engenharias e seu Papel no Desenvolvimento Autossustentado

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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

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

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof<sup>a</sup> Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Prof<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof<sup>a</sup> 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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
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>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://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

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
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	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>14</b>
ELETRODEPOSIÇÃO DE SEMICONDUTORES PARA APLICAÇÃO EM ENERGIA RENOVÁVEL	
Victor Rocha Grecco DOI 10.22533/at.ed.4662030062	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>28</b>
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	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>40</b>
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	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>58</b>
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	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>67</b>
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	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>78</b>
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	

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

**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**

## NOVA ABORDAGEM METODOLÓGICA PARA AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE DATACENTERS - O ÍNDICE EUED (ENERGY USAGE EFFECTIVENESS DESIGN)

Data de aceite: 19/06/2020  
Data de submissão: 02/03/2020

### Alexandre Fernandes Santos

Universidade Beira Interior, Rua Marquês d'Ávila e Bolama, 6201-001, Covilhã, Portugal.

<https://orcid.org/0000-0001-5306-6968>

### Pedro Dinis Gaspar

University of Beira Interior, Rua Marquês d'Ávila e Bolama, 6201-001, Covilhã, Portugal

3 C-MAST - Centre for Mechanical and Aerospace Science and Technologies, University of Beira Interior, Covilhã, Portugal

<https://orcid.org/0000-0003-1691-1709>

### Heraldo José Lopes de Souza

Fapro – Faculdade Profissional.

Curitiba - Paraná

<https://orcid.org/0000-0002-8471-7804>

**RESUMO:** Até 2021, mais de 90% dos grandes data centers revisarão suas estratégias devido às tendências socioeconômicas e ambientais globais. Com o crescimento dos DCs, um dos principais desafios é melhorar o desempenho e a eficiência, em grande parte devido ao calor dissipado pelos servidores, enquanto o enorme número de equipamentos instalados para aumentar a capacidade de armazenamento também aumenta

consideravelmente conta da energia elétrica e, conseqüentemente, a dissipação de calor. Para melhorar a dissipação de calor, alguns DCs até se mudaram para lugares onde a temperatura média do ar é mais baixa, lugares como o Círculo Polar Ártico ou a Suécia, para obter melhor eficiência energética no processo de resfriamento. A eficiência energética, com alto consumo de energia, é um local importante. Existem metodologias para medir essa eficiência, um exemplo é o uso do índice PUE (Power Usage Effectiveness). Neste artigo é proposto um novo índice para medir a eficiência na fase de projeto, o EUED (Design de Eficácia no Uso de Energia). Este índice permite avaliar sistemas usando “free cooling” e sistema adiabático. Uma comparação é realizada considerando o equipamento na pior situação. O parâmetro termodinâmica entalpia é usado para calcular os resultados. Essa nova metodologia permite determinar diferenças entre as cidades de São Paulo e Curitiba (1,21%) e entre o Rio de Janeiro e Curitiba (10,61%). Os valores do índice EUED foram de 1.245 kW / kW para Curitiba, 1.260 kW/kW para São Paulo e 1.377 kW/ kW para o Rio de Janeiro, respectivamente, atingindo uma diferença de 16,86% para Curitiba, 16,19% para São Paulo e 10,31% para o Rio de Janeiro em relação ao PUE

COA (Eficiência no uso da energia, ar externo constante). A vantagem do EUED é que ele trabalha com as 8.760 horas na fase de projeto, usando elementos psicométricos para determinar quando usar o sistema de refrigeração e evaporação livres e, mais importante, variando o COP de acordo com as características ambientais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Data Centers, PUE, EUED, Índices de desempenho, Refrigeração do data center.

## NEW METHODOLOGICAL APPROACH FOR ASSESSING THE ENERGY EFFICIENCY OF DATACENTERS - THE EUED INDEX (ENERGY USAGE EFFECTIVENESS DESIGN)

**ABSTRACT:** By 2021, more than 90% of large data centers review their strategies due to global socio-economic and environmental trends. With the growth of DCs, one of the main challenges is to improve performance and improve, largely due to the heat dissipated by the servers, while the number of huge equipment is used to increase the storage capacity also considerably increases the electricity and, consequently, a heat dissipation. To improve heat dissipation, some DCs even move to places where the average temperature is lower, such as the Arctic Circle or Sweden, for better economic efficiency in the cooling process. Energy efficiency, with high energy consumption, is an important place. There are methodologies to measure this efficiency, one example is using the PUE (Power Usage Effectiveness) index. In this paper is proposed a new index for measuring efficiency at the design stage, the EUED (Energy Usage Effectiveness Design). This index allows to evaluate systems using “free cooling” and adiabatic system. A comparison is performed considering the equipment in the worst situation. The thermodynamics parameter enthalpy is used to calculate the results. This new methodology allows to determine differences between the cities of São Paulo and Curitiba (1.21%) and between Rio de Janeiro and Curitiba (10.61%). The values for the EUED index were 1.245 kW/kW for Curitiba, 1.260 kW/kW for São Paulo and 1.377 kW/kW for Rio de Janeiro, respectively, reaching a difference of 16.86% for Curitiba, 16.19% for São Paulo and 10.31% for Rio de Janeiro in relation to PUE COA (Power Usage Effectiveness Constant Outdoor Air). The advantage of the EUED is that it works with the 8,760 hours in the design phase, using psychometric elements to determine when to use free cooling and evaporative system, and more importantly varying the COP according to environmental characteristics.

**KEYWORDS:** Data Centers, PUE, EUED, Performance indexes, Data Center Cooling.

## 1 | INTRODUÇÃO

Num Datacenter, as principais fontes de crescimento, o Cisco Global Cloud Index, projeta um crescimento de 3,3 vezes no tráfego global de data center até 2020. Isso equivale a 15,3 zettabytes (ZB) por ano em um tráfego global de data center até 2020. Desse tráfego, da nuvem virão 92% até 2020. O número de datacenters em hiperescala aumentará de 259 no final de 2015 para 485 em 2020. Isso representa 47% de todos os servidores de datacenter instalados até 2020. Compreender as mudanças arquitetônicas em torno do movimento de hiperescala é crítico, tanto como fornecedor e como cliente corporativo, para atender melhor à crescente demanda por maior desempenho (RS-online, 2018).

Com a crescente expansão dos sistemas corporativos, estão migrando para as nuvens. Esses sistemas baseado em nuvem, expandam-se muito rapidamente e eficiente, suportando mais cargas de serviços do que os sistemas tradicionais. De acordo com a análise realizada pela Cisco, a nuvem dominará e excederá o crescimento do DC tradicional até 2020, quando 92% da carga de trabalho será processada pelo DC da nuvem e 8% pelos DCs tradicionais (Cisco, 2016). Além disso, até 2020, US \$ 298 milhões em dólares ou 68% da carga de trabalho em nuvem serão colocados em data centers públicos, em comparação com US \$ 66,3 milhões ou 49% registrados em 2015, uma taxa de crescimento anual composta de 35% entre 2015 e 2020. Recursos como Internet of Things (IoT) e Big Data impulsionarão o mercado. A IoT será um grande gerador de dados, atingindo 600 ZB por ano até 2020, 275 vezes maior que o tráfego projetado entre DCs e dispositivos / usuários finais (2,2 ZB) - 39 vezes maior que o tráfego total de DCs (15,3 ZB). O Big Data já está impulsionando o crescimento geral do armazenamento de dados. Os dados armazenados nos datacenters aumentarão cinco vezes até 2020, atingindo 915 Exabyte (EB) - um aumento de 5,3 vezes (uma taxa de crescimento anual composta de 40%) em relação ao nível 171 de EB em 2015.

Até 2021, mais de 90% dos grandes data centers revisarão suas estratégias devido às tendências socioeconômicas e ambientais globais. (Cisco, 2016). Com o crescimento dos DCs, um dos principais desafios é melhorar o desempenho e a eficiência, em grande parte devido ao calor dissipado pelos servidores, enquanto o enorme número de equipamentos instalados para aumentar a capacidade de armazenamento também aumenta consideravelmente conta da energia elétrica e, conseqüentemente, a dissipação de calor. Para melhorar a dissipação de calor, alguns DCs até se mudaram para lugares onde a temperatura média do ar é mais baixa, lugares como o Círculo Polar Ártico ou a Suécia, para obter melhor eficiência energética no processo de resfriamento.

As métricas de eficiência são definidas e padronizadas para comparar a eficiência dos sistemas DCs e seus custos operacionais. Um consórcio global de fabricantes de equipamentos de TI, empresas de tecnologia, governo, instituições de ensino e pesquisa e desenvolvimento, associações de classe e outros setores da sociedade também foi criado para discutir, desenvolver e recomendar as melhores práticas de eficiência energética, juntamente com as emissões de CO<sub>2</sub>. Uma dessas métricas é a PUE (*Power Usage Effectiveness*), definida pelo *The Green Grid*, como um instrumento para medir a eficiência energética de um DC. O parâmetro é a proporção da energia total consumida por um DC e a energia fornecida ao equipamento de TI. O valor PUE ideal seria 1,0. Já existem casos relatados de DCs com PUE = 1,02 (Green Grid, 2012); (Saylor et al, 1988).

O consumo elétrico de um DC, chega a um consumo de 25 a 50 vezes mais do que um escritório normal com a mesma área. O consumo de energia aumentará 85% na Europa até 2020. No entanto, um estudo mostrou que a taxa de crescimento de energia nos DCs não foi tão alta quanto o esperado devido à virtualização e à crise econômica nos USA e na Europa (Covas et al, 2013).

Organizações como a *Green Grid*, a ASHRAE e a Agência de Proteção Ambiental dos USA adotaram a métrica PUE para avaliar a eficiência energética da infraestrutura de DC.

Essa métrica é uma relação entre a energia total consumida por um DC e a fração da energia consumida pela infraestrutura de TI. O resultado é sempre maior ou igual a um, onde o DC será mais eficiente. Algumas organizações, por exemplo, a Comissão Europeia usam o inverso da PUE, chamada métrica DCiE (*Data Center Infrastructure Efficiency*). O uso geral de energia de um data center em relação ao uso de energia de equipamentos e infraestrutura de TI também pode ter efeitos positivos no uso de energia. No entanto, os DCs precisam ser cada vez mais eficientes e ecológicos, o que exige reduzir a energia necessária para executar as infraestruturas de TI, garantir a longevidade do sistema e garantir o consumo de energia de fontes renováveis nas fontes de energia.

A eficácia do uso de carbono (CUE) (Green Grid, 2012) trata das emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) associadas às operações de uma DC; A Eficácia no Uso da Água (Green Grid, 2012) trata do uso de água nos DC, incluindo a água usada para umidificação e a água evaporada no local por energia produzida ou resfriada pelo DC e seus sistemas de suporte. A *Green Grid* também desenvolveu a métrica ERE (*Energy Reuse Effectiveness*) para medir o benefício de reutilizar a energia produzida em DC em outras infraestruturas externas. A métrica *Compute Power Efficiency* procura quantificar a eficiência total de um DC, levando em consideração o fato de que nem toda a energia elétrica fornecida ao equipamento de TI é transformada por esse equipamento em um produto de trabalho útil (Covas et al, 2015). O Google é totalmente sem carbono há mais de uma década e, em 2018, correspondemos a 100% do consumo de eletricidade de nossas operações globais com energia renovável pelo segundo ano consecutivo (Google, 2019).

O fornecimento de resfriamento gratuito em uma fonte de alimentação CC típica é projetado principalmente para uma infraestrutura de TI e um sistema de resfriamento, preparado para remover o calor gerado em equipamentos de TI. Esta fonte de alimentação varia de acordo com as especificações do DC e do sistema de refrigeração instalado. Dependendo da configuração dos economizadores e das condições climáticas locais, o uso de energia do sistema de refrigeração varia (AHRTI, 2012). Um economizador pode ser construído de maneira simples como um conjunto de amortecedores, o que permite misturar o ar externo (de renovação) com o ar de recirculação quando esse ar possui características termodinâmicas favoráveis ao seu uso como ar de descarga. O ar externo em condições favoráveis de temperatura e umidade (valores baixos de temperatura e umidade) pode reduzir a carga térmica no sistema de resfriamento quando comparado ao ar recirculado (Khalaj et al, 2018). Os DCs possuem economizadores de ar para distribuir diretamente o ar ambiente após ajustar seus níveis de umidade e poluentes de acordo com a norma (ASHRAE, 2011). No entanto, economizadores de ar indiretos usam ar ambiente frio para resfriar o ar de retorno de corrente contínua e redistribuí-lo em corrente contínua. Nesse processo, umidificador, desumidificador, filtros, rodas de calor, tubos de calor, resfriadores evaporativos diretos e indiretos, dependendo do tipo de economizador, podem ser usados. Como o consumo de energia, o desempenho térmico e o custo final de resfriamento são altamente dependentes das condições climáticas locais, os economizadores mencionados acima foram simulados com resfriadores resfriados a ar e a água. Um sistema de energia

renovável normalmente converte energia eólica, luz solar, ondas do mar, queda de água, biomassa e calor geotérmico em eletricidade utilizável ou energia térmica. No entanto, a integração e a implantação em larga escala desses recursos na rede podem ter impactos técnicos, econômicos, ambientais e sociais substanciais. As baterias também são um meio eficiente de armazenar a energia excedente fornecida por módulos fotovoltaicos e turbinas eólicas. Essa energia excedente pode ser armazenada em bancos de baterias e extraída deles quando a energia total gerada por fontes de energia renováveis é insuficiente (Khalaj et al, 2018).

Várias métricas anuais foram sugeridas para superar os desafios de eficiência energética e gerenciamento térmico. O desempenho dos datacenters no gerenciamento térmico (Costa et al, 2014). As questões atuais de eficiência energética e gerenciamento térmico são discutidas os resultados analisados, em relação à eficácia relativa das várias métricas, conforme mostrado na Tabela 1.

Apesar do desenvolvimento de várias métricas para avaliar a eficiência de DC, nenhuma métrica foi proposta para avaliar simultaneamente o impacto das mudanças no nível central e no nível do rack (ou seja, infraestrutura e equipamentos de TI) na eficiência energética.

A métrica mais usual (PUE) é limitada devido à infraestrutura e às cargas de TI que aparecem no denominador da expressão. Assim, se forem feitas melhorias no uso de energia de equipamentos de TI sem alterações simultâneas no uso de energia da infraestrutura, o valor métrico da PUE aumentará de fato. Devido aos desafios e limitações das métricas existentes, o trabalho futuro a ser desenvolvido deve se concentrar no desenvolvimento de uma métrica para avaliar com mais eficiência a eficiência energética e o impacto das alterações no data center. Isso permitiria aos tomadores de decisão de nível superior avaliar os resultados com base em uma única métrica, em vez de exigir a medição, análise e avaliação de um conjunto de métricas. Essa abordagem seria mais direta e econômica e reduziria potencialmente o efeito de avaliar os resultados das métricas concorrentes. Esses data centers representam, portanto, uma carga energética significativa, que, por sua vez, deve ser gerenciada por meio de novas tecnologias e estratégias de controle (Lajevardi et al, 2014).

Conforme Beitelmal et al, documentou a eficácia de um data center. A métrica *Power Use Efficiency* (PUE) é uma ferramenta de referência usada para analisar a infraestrutura de um datacenter em relação à carga de TI existente. Uma taxa de PUE de 2,0 indica que o equipamento de TI utiliza cerca de 50% da energia medida do edifício e o restante é usado para refrigeração e outros recursos de suporte. Outras métricas foram propostas para avaliações de desempenho em nível de rack; por exemplo, “Índice de calor de suprimento (SHI)”, é uma métrica que foi introduzida como um parâmetro adimensional que ajuda a quantificar a quantidade de calor infiltrado no ar resfriado fornecido a um rack” (Beitelmal et al, 2014). Essa métrica é a relação entre aumento da entalpia devido à infiltração de calor na entrada do rack e aumento da entalpia na saída do rack, com uma análise detalhada para desenvolver a relação composta entre os parâmetros geométricos e a carga de alimentação. Uma correlação entre a métrica SHI e a eficiência energética geral do O datacenter ainda não foi documentado. O trabalho de pesquisa torna-se necessário para levar essa e outras

métricas usadas para análise de energia do datacenter. Por exemplo, as variáveis usadas para calcular a métrica PUE podem ser difíceis de medir se o DC estiver em um edifício de uso misto Além disso, a métrica é simples e não fornece o conhecimento técnico necessário para uma análise de engenharia adequada. Por exemplo, se todos os servidores em um datacenter estiverem inativos e não Para produzir qualquer trabalho, embora os recursos de refrigeração sejam bem provisionados, a energia consumida por outros recursos de suporte e suporte será de apenas 20% da energia de TI, perfeito 1,2. Neste exemplo, a métrica PUE indica que o DC está muito bem otimizado, no entanto, o datacenter está desperdiçando energia, pois nenhum trabalho está sendo feito (Beitelmal et al, 2014).

Conforme um memorando público criado, que trata de um acordo alcançado pela Força-Tarefa de Harmonização de Métricas Globais sobre abordagens padrões e convenções de relatórios para Produtividade Energética de Data Center (DCeP). Os proprietários e operadores de DC avaliam e melhoram o desempenho de seus equipamentos com métricas de eficiência energética. Este acordo recomenda quantificar o trabalho útil.

A definição de Beitelmal et al, um sistema termodinâmico como um servidor na escala local e como um data center na escala global, as métricas de eficiência energética abrangem a relação entre a energia dinâmica (a energia proporcional ao uso do sistema) e a energia total consumida pelo sistema. A amostra de um único servidor e de um datacenter foi apresentada para determinar a métrica de eficiência energética de cada caso. Os resultados dessa análise mostram que a eficiência aumenta com o aumento da utilização da CPU e é maior para um servidor com vários processadores do que para um servidor com um único processador. Essa condição ocorre devido à energia inativa tende a reduzir a eficiência geral do servidor, portanto, a consolidação de processadores na mesma plataforma de servidor minimizaria esse efeito. O estudo de caso de DC é conduzido em um cenário hipotético de datacenter, no qual a energia estimada dos recursos de refrigeração é calculada usando o sistema de chiller. O trabalho nessas métricas de desempenho energético é necessário para desenvolver métodos padronizados para avaliar e classificar servidores de dados e datacenters heterogêneos com base em sua utilização e consumo reais (Beitelmal et al, 2014).

Com o crescimento dos negócios, uma operadora de telecomunicações portuguesa considerou a construção de um novo DC em Portugal com 12.000 m<sup>2</sup> de espaço em branco e 40 MW de eletricidade. A instalação em termos de eficiência energética significa que o DC deve ter um PUE igual ou menor que 1,25. Este será o maior DC construído em Portugal e o seu projeto deve ser utilizado como referência não apenas em termos de eficiência energética, mas também de sustentabilidade. Encontrar o local mais satisfatório para alcançar os objetivos econômicos, ambientais e de risco (Covas et al, 2013).

Segundo Covas et al., As complexidades dos DCs em infraestrutura técnica e organizacional que garantem o melhor desempenho e a mais alta confiabilidade nos modernos sistemas de informação e comunicação. Foi proposta uma abordagem de análise de decisão multicritério (MCDA), identificando os locais mais sustentáveis para as instalações de DC, levando em consideração aspectos técnicos, sociais, econômicos, ambientais e ambientais.

As avaliações dos DCs em Portugal foram realizadas com base em pesquisas e entrevistas escritas, para estimar a potencial perda de oportunidade em termos de economia de energia devido à sua localização. Avaliando o desempenho ambiental dos DCs, levando a uma revisão da literatura para compilar as métricas utilizadas. Essas métricas são apresentadas na Tabela 1 (ASHRAE, 2013).

O PUE foi adotado como um guia métrico para avaliar a eficiência dos DCs. No entanto, o uso da métrica PUE mostrou algumas preocupações entre analistas e projetistas especializados de uma DC, uma vez que concluíram que ela não promoveu práticas de eficiência energética.

**Critério:** Foram considerados dois DCs em dois locais diferentes com os mesmos sistemas (TI, distribuição de energia, geradores, UPS, etc.), mas com sistemas de refrigeração diferentes. Sendo um dos DCs, o clima é mais quente, mas eles têm o mesmo PUE. Isso significa que suas infraestruturas de refrigeração (todas as outras iguais) estão usando as mesmas quantidades de energia, o que significa que, na métrica PUE, elas podem ser consideradas igualmente eficientes. No entanto, um DC localizado em um clima muito frio, como no Ártico, aproveitando o resfriamento externo gratuito, em vez de um DC localizado em um clima mais quente, como Portugal. Com essa temperatura mais baixa, seria mais eficiente no consumo de energia DC localizado na região quente. Como as empresas proprietárias nunca consideraram construir um DC no Ártico, onde não imaginavam seus funcionários morando perto de DC, e que outros funcionários, incluindo clientes do DC, poderiam facilmente visitar o DC para manutenção ou outras operações. Vendo a imagem pública da empresa, não construindo seus empreendimentos em outros países (ASHRAE, 2013).

A bibliografia de referência da ASHRAE discute que o resfriamento livre tem conexão com a redução do PUE, também demonstrou uma redução média de 2,0 do PUE para até 1,5 usando o resfriamento livre. O PUE pode ser calculado usando medições de energia (kilowatt-hora) ou potência (kilowatt). As medições de energia são mais precisas porque as medições de potência apenas amostram o fluxo de energia no momento exato da medição, enquanto as medições de energia acumulam o fluxo de energia ao longo do tempo. As estimativas de PUE pela primeira vez geralmente usam amostras baseadas em energia, refletem com mais precisão o uso de energia a longo prazo e agora são preferidas pelo setor. A maioria dos sistemas de monitoramento pode ser configurada para relatar energia (Rasmussen, 2012).

<b>Métricas</b>	<b>Iniciais</b>	<b>Definições</b>
Power Usage Effectiveness Eficácia do uso de energia	PUE	$\frac{\text{Energia total instalado}}{\text{IT Energia equipamento}}$
Datacenter Infrastructure efficiency Eficiência da infraestrutura do datacenter	DCiE	$\frac{1}{PUE} \cdot 100$
Carbon Usage Effectiveness Eficácia do uso de carbono	CUE	$\frac{CO_2 \text{ emitido (kgCO}_2\text{eq)}}{\text{Unidade energia (kWh)}} \cdot PUE$
Water Usage Effectiveness Eficácia no uso de água	WUE	$\frac{\text{Uso anual de água no local}}{\text{IT Energia equipamento}}$
Energy Reuse Effectiveness Efetividade de Reutilização de Energia	ERE	$(1 - \frac{\text{Energia reutilizado}}{\text{Energia total}}) \cdot PUE$
Compute Power Efficiency Computar eficiência de energia	CPE	$\frac{\text{IT Uso do equipamento}}{PUE}$
Power Overhead Multiplier Multiplicador de sobrecarga de energia	SI-POM	$\frac{\text{DC Consumo de energia no medidor}}{\text{Consumo total de hardware vinculado IT}}$
Hardware Power Overhead Multiplier Multiplicador de sobrecarga de potência de hardware	H-POM	$\frac{\text{Cargas de máquinas conectadas AC}}{\text{Carregando computadores}}$
Deployed Hardware Utilization Ratio Taxa de utilização de hardware implantada	DH-UR	$\frac{\text{N}^\circ \text{ Servidores Rodando Aplicativos}}{\text{Total de servidores realmente implantado}}$
Corporate Average Datacenter Efficiency Eficiência média corporativa do datacenter	CADE	Instalação eficiente · Eficiência de ativos de TI
Temperature of the region usage effectiveness Temperatura da eficácia do uso da região	TRUE	$\frac{\text{IT eq. energia+iluminação+outros}}{\text{IT Energia Equipamentos}} + Cf \cdot \frac{\text{Energia sistema de refrigeração}}{\text{IT Energia Equipamento}}$

Tabela 1 - Métricas para datacenters (ASHRAE, 2013).

Riscos sísmico, disponibilidade de energia, com foco exclusivo em áreas de maior impacto, são fatores que não estão incluídos nesta pesquisa. Um DC típico (com PUE = 2,1) tem a distribuição do consumo de eletricidade mostrado na Figura 1 (ASHRAE, 2013).

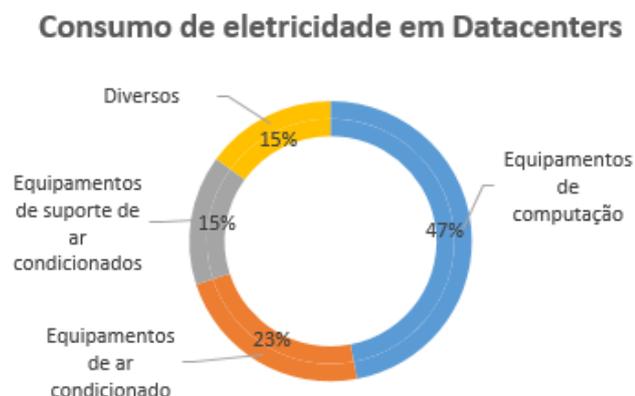


Figura 1 - Distribuição do consumo de eletricidade em um DC típico (Ramussen, 2012).

Em um DC típico, exceto pelos 47% dos 53% restantes de consumo de energia elétrica utilizados nos equipamentos de TI, o sistema de ar condicionado é responsável por 38% do consumo total de eletricidade. A TI e o ar condicionado correspondem a cerca de 72%

de todo o consumo elétrico na infraestrutura, Figura 1. Como a ênfase deste trabalho não é direcionada à eficiência dos equipamentos de informática, a ideia é usar um índice de desempenho que possa ajudar os investidores a ter o suporte necessário para decidir o local mais adequado para a instalação de um DC, usando um ábaco com elementos simples e básicos. Segundo a Ernts & Young, os executivos precisam “Aumentar a velocidade da tomada de decisão e a eficiência da execução do projeto para aproveitar as janelas de oportunidade” (AHRTI, 2012). Uma dessas métricas é a eficiência de uso de energia (PUE), definida pelo *The Green Grid* como um instrumento para medir a eficiência energética de um DC. Este parâmetro é a proporção da energia total consumida por um DC e a energia fornecida ao equipamento de TI. O valor PUE ideal seria 1,0. Já existem casos relatados de DC com PUE = 1,02 (E. Y., 2015).

A pesquisa propõe, uma nova abordagem metodológica para avaliação da eficiência energética de datacenters - o índice EUED (Energy Usage Effectiveness Design). Essa métrica enfatizará as características ambientais externas do DC, estudando as características climáticas e geotérmicas. Assim, um estudo pré-projeto usando índices naturais pode acelerar a tomada de decisão, considerando o local mais apropriado para um DC, ou seja, utilizando um índice envolvendo quatro elementos. Na correlação, o índice proposto para tomada de decisão utiliza os seguintes parâmetros:

- Temperatura do ar do bulbo seco;
- Temperatura do ar do bulbo úmido;
- Temperatura do solo (geotérmica);
- Temperatura do ar no ponto de orvalho.

O EUED enfatiza as características ambientais externas do DC, como o PUE. Além do PUE, as Diretrizes Térmicas para Ambientes de Processamento de Dados já possuem algumas simulações para o uso do “*Free cooling*” em algumas cidades dos Estados Unidos da América, como Chicago. No entanto, neste trabalho, os sistemas adiabáticos evaporativos e geotérmicos são incluídos nas simulações do novo índice EUED para avaliar o desempenho dos DCs (ASHRAE, 2005).

Este trabalho começa com a análise das Diretrizes Térmicas da ASHRAE para Processamento para 3 cidades alvos (E.Y., 2015), destinadas ao cálculo do EUED e posterior comparação com os valores de PUE. A análise e discussão dos resultados fornecem um nível mais alto de informações a serem usadas na tomada de decisão do local adequado para instalar um DC.

## 2 | CIDADES SELECIONADAS E SUAS CARACTERÍSTICAS

Este trabalho é baseado em um Datacenter de alta densidade. As cidades escolhidas para analisar a influência da localização da instalação DC no consumo de energia:

- Curitiba (CTBA), Paraná, Brasil;
- São Paulo (SP), São Paulo, Brasil;
- Rio de Janeiro (RJ), Rio de Janeiro, Brasil.

A Tabela 2 inclui as temperaturas do ar em altitude (H), bolbo seco (TDB) e bolbo úmido (TWB) das cidades de Curitiba, São Paulo e Rio de Janeiro.

Cidades	Frequências	T <sub>DB</sub> [°C]	T <sub>WB</sub> [°C]	H [m]
Curitiba	0,4%	30,9	23,2	908
	1%	29,8	22,6	
	2%	28,7	22,0	
São Paulo	0,4 %	32,0	23,2	803
	1%	31,0	22,6	
	2%	30,0	22,1	
Rio Janeiro	0,4%	34,0	26,6	3
	1%	32,7	26,2	
	2%	31,8	25,8	

Tabela 2 - Dados das cidades de Curitiba, São Paulo e Rio de Janeiro (Costa et al, 2015).

Nota: porcentagem do total de horas do ano em que as temperaturas indicadas do projeto podem ser excedidas (Coolpack, 2016).

A diferença entre as temperaturas do bulbo seco das cidades de Curitiba e São Paulo é de 3,56% e entre Curitiba e Rio de Janeiro é de 10,03%. Para fins de comparação, é utilizado um DC de alta densidade de 414 m<sup>2</sup>, medindo 28,8x14,4 m, e com uma dissipação de calor do equipamento (347,3 kW de calor sensível, ou seja, 0,84 kW/m<sup>2</sup>) e uma carga térmica interna de 48 kW (condução, iluminação = 8 kW no total), pessoas e outros (40 kW de perdas em Nobreak e outros). Foram selecionados 8 equipamentos (4 equipamentos ativos e 4 reservados) de 30 toneladas de refrigeração (TR) “Fluido duplo”, com fator de calor sensível a 85%, conforme mostrado na Tabela 3. Considera-se 1 tonelada de refrigeração = 3516,853 W (Rasmussen, 2012).

O equipamento de fluido duplo possui as especificações técnicas descritas na Tabela 3.

Modelo L99	Unidades	Valor
Capacidade total de refrigeração	kW	194,6
Capacidade de refrigeração sensível	kW	89,3
Relação de calor sensível (SHR)		0,85
Taxa de Eficiência Energética (EER)		3,40
Número de compressores	N	2

Tabela 3 - Recursos padrão do equipamento de ar condicionado de fluido duplo usado nos DCs.

A potência aproximada de 30 toneladas de refrigeração (104,6 kW, para cada um dos oito equipamentos, sendo 1 ativo e outro reservado) possui uma taxa de eficiência energética (EER) de 3,4 kW/kW (na condição de expansão direta), ou seja, a potência O ponto de alimentação do ar-condicionado para atender à carga térmica será de 123,5 kW; portanto, o índice de uso constante de energia Ar externo constante (PUE COA) é a fração da energia total (equipamento de dados + ar-condicionado + iluminação + perdas de nobreak e inversores e outros) à energia do equipamento de dados.

$$PUE\ COA = \frac{Energia\ Total}{Energia\ equipamentos\ datacenter} = \frac{347.30+123.05+8.00+40.00}{347.3} = 1,50\ kW/kW \quad (1)$$

Um PUE COA = 1,50 kW / kW é um valor excelente, pois um DC típico já citado acima tem um valor PUE COA = 2,1 kW/kW. Estes rendimentos do equipamento de ar condicionado foram baseados em uma temperatura de entrada de ar no condensador de 33°C a 35°C. Esses valores de temperatura estão próximos dos valores encontrados em duas cidades já mencionadas, ou seja, o PUE das duas cidades seria o mesmo.

### 3 | COMPARAÇÃO DE PUE COA E EUED

O índice PUE COA é semelhante ao índice PUE, mas com ênfase na temperatura externa no valor médio de 0,4% das temperaturas mais altas atuais do ASHRAE *WEATHER DATA VIEWER* que é igual à NBR 16401 (*HVAC Design Brazilian Standard*) (ABNT, 2008)

Diferentemente do PUE, que está relacionado apenas aos índices de energia, o índice EUED está relacionado às 8760 horas (as métricas usam energia em vez de energia, o que já é uma sugestão da ISO 50006 para edifícios comerciais, a métrica com unidades de energia específica, kWh/m<sup>2</sup>).

Usando o índice anual de temperatura do bulbo seco associado à temperatura coincidente do ponto de orvalho (dados do ASHRAE *Weather Data Viewer*), o índice EUED é classificado como (ABNT, 2008):

- *Free Cooling* - Sistema que permite o uso das características entálpicas do ar externo para aclimatar um recinto;
- Evaporação - resfriamento adiabático, que consiste em resfriar o ambiente usando a temperatura do bulbo úmido;
- COP - Coeficiente de desempenho, usado para avaliar a relação entre a capacidade de refrigeração e o trabalho gasto.

Com base em uma temperatura média de descarga de 20°C, o cálculo segundo a metodologia EUED considerou os seguintes fatores:

- Quando a temperatura estiver abaixo de 20°C e a entalpia estiver abaixo de 18,4 BTU/lb, apenas o Free Cooling será usado;
- Quando a temperatura estiver entre 15°C e 24°C e a entalpia estiver entre 18,4 e 24 BTU/lb, será utilizado o sistema evaporativo;
- Quando a temperatura estiver acima de 20 ° C e a entalpia estiver acima de 24

BTU/lb, o sistema normal será usado nas seguintes condições:

- ✓ Temperatura da entrada de ar entre 24°C e 27°C: COP1;
- ✓ Temperatura da entrada de ar entre 27°C e 30°C: COP2;
- ✓ Temperatura da entrada de ar entre 30°C e 33°C: COP3;
- ✓ Temperatura da entrada de ar acima de 33°C: COP4.

Para simular as condições de COP1, COP2, COP3 e COP4, o software Cool pack foi usado para simular um coeficiente isentrópico padrão para identificar o COP com a variação nas temperaturas de condensação. O efeito da temperatura da condensação é baseado na temperatura média da entrada de ar para cada situação adicionada a 11°C, Com as seguintes condições, Tabela 4:

Casos	Potência do Equipamento [kW]	Temperatura de Condensação [°C]	Temperatura de Evaporação [°C]	Fluido de Refrigeração	COP [kW/kW]
<b>COP1</b>	104,5	36,5	5,0	R410A	4,381
<b>COP2</b>	104,5	39,0	5,0	R410A	4,101
<b>COP3</b>	104,5	42,5	5,0	R410A	3,745
<b>COP4</b>	104,5	44,0	5,0	R410A	3,633

Tabela 4 - Distribuição do consumo de eletricidade em um DC típico.

Em todos os estudos para este caso, o cálculo para o COP4 considera os ventiladores com potência de 7,36 kW. No caso do estudo COP4, o valor do COP sem os ventiladores atinge 4,829. Para obter o COP com os ventiladores, será utilizada a seguinte equação:  $(104,5 / 21,64 \text{ kW de compressores} + 7,36 \text{ kW de ventiladores}) = 3,633 \text{ kW/kW}$ .

O COP3 considerou os ventiladores alimentados a 7,36 kW, ou seja: um COP de 5,087, com os ventiladores, o valor do COP é  $(104,5 / (20,54 \text{ kW dos compressores} + 7,36 \text{ dos ventiladores})) = 3,745 \text{ kW/kW}$ .

O COP2 possui ventiladores alimentados a 7,36kW. O COP será  $(104,5 \text{ kW} / (18,12 \text{ de compressores} + 7,36 \text{ de ventiladores})) = 4,101 \text{ kW/kW}$ ; e sem ventiladores, ele aumentará para 5,768 kW/kW.

O COP1 considera ventiladores com potência de 7,36 kW. O COP será  $(104,5 \text{ kW} / (16,49 + 7,36)) = 4,381 \text{ kW} / \text{kW}$ ; enquanto o COP sem ventiladores será de 6,338 kW/kW.

A partir dos valores de COP, foi elaborado um sistema de ampla cobertura para todos os possíveis pontos externos de temperatura, seja para “Free Cooling”, “Evaporative Cooling” ou apenas “Cooling”. Usando ASHRAE (2013), definiu-se como método a associação das frequências de temperatura do bulbo seco e as temperaturas coincidentes do ponto de orvalho; e em cada ponto, a entalpia associada a essa relação foi encontrada nas seguintes frequências cumulativas para cada sistema e cidade (Tabela 5):

O índice EUED classifica as frequências no horário de trabalho para as três cidades. Vale ressaltar que entre as cidades existem diferenças. Em Curitiba, o sistema evaporativo

tem a maior frequência (3453,887 horas) quando a temperatura está entre 15°C e 24 ° C e a entalpia está entre 18,4 e 24 BTU/lb. Em São Paulo, a frequência é de 4713,20 horas e no Rio de Janeiro, a frequência é de 2131,860 horas.

O sistema Free Cooling, com temperatura abaixo de 20 °C e entalpia menor que 18,4 BTU/lb, Curitiba tem 4410 horas de frequência, São Paulo tem 2574,191 horas e o Rio de Janeiro tem 159,515 horas (Rasmussen, 2012).

De acordo com a Tabela 5, verifica-se que, com as regras propostas no EUED, seis níveis foram classificados: *Free Cooling*; Evaporativo; COP1; COP2; COP3; COP4. As cidades de Curitiba, São Paulo e Rio de Janeiro, possuem diferentes consumos de energia de acordo com a temperatura e a entalpia. Em um período de 8760 horas, São Paulo usou 18,06% mais energia que Curitiba, e o Rio de Janeiro usou 57,35% mais energia que Curitiba. A tabela 5 também mostra a relação entre COP e energia. Quanto maior o COP, menor é o consumo de energia. Nas tabelas 6 e 7, cálculos usando regras do índice EUED e resultam nos cálculos usando as regras do índice EUED.

O consumo de energia com infraestrutura, que é a soma do consumo de energia mais ar-condicionado, equipamentos, iluminação e outros equipamentos, entre as cidades mostra diferença superior a 1,21% para São Paulo em relação a Curitiba; e 10,61% para o Rio de Janeiro em relação a Curitiba. Os índices obtidos com a aplicação do índice EUED foram, respectivamente, 1.245 kW/kW para Curitiba, 1,260 kW/kW para São Paulo e 1,377 kW/kW para o Rio de Janeiro, mostrando uma diferença de 16,86% para Curitiba, 16,19% São Paulo e 10,31% para o Rio de Janeiro em relação ao PUE, como mostra a Tabela 8.

<b>Status do sistema</b>	<b><math>t_{CTBA}</math> [h]</b>	<b><math>t_{SP}</math> [h]</b>	<b><math>t_{RJ}</math> [h]</b>
"Free Cooling"	4410,000	2574,191	159,515
Refrigeração Evaporativo	3453,887	4713,820	2131,860
COP1	579,743	906,945	4536,432
COP2	269,874	434,482	1108,059
COP3	45,987	122,639	554,971
COP4	0,509	7,922	269,163

Tabela 5 - Frequência em horas de uso.

Sistema de operação	Carga Térmica Total [kW]	COP [kW/kW]	Potência [kW]	$t_{CTBA}$ [h]	$t_{SP}$ [h]	$t_{RJ}$ [h]
“Free Cooling”	395,3	19,18	20,610	4410,000	2574,191	159,515
Evaporativo	395,3	16,78	23,558	3453,887	4713,820	2131,860
COP1	395,3	4,381	90,231	579,743	906,945	4536432
COP2	395,3	4,101	96,391	269,874	434,482	1108,059
COP3	395,3	3,745	105,554	45,987	122,639	554,971
COP4	395,3	3,633	108,808	0,509	7,922	269,163
Sistema de operação	$E_{SP}$ [kWh/ano]	$E_{CTBA}$ [kWh/ano]	$E_{RJ}$ [kWh/ano]	$E_{Equip.}$ [kWh/ano]	$E_{Iluminação}$ [kWh/ano]	$E_{Outros}$ [kWh/ano]
“Free Cooling”	53054,104	90890,143	3287,599	3042348	70080	420480
Evaporativo	111047,266	81366,013	50221,945			
COP1	81834,164	52310,503	409324,685			
COP2	41880,210	26013,493	106807,078			
COP3	12945,054	4854,091	58579,443			
COP4	862,021	55,362	29287,177			
<b>Gastos totais do ar</b>	<b>301622,819</b>	<b>255489,606</b>	<b>657507,928</b>			

Tabela 6 - Cálculos usando regras do índice EUED.

Parâmetros	Valor
$E_{CTBA}$ [kWh ano]	3788397,606
$E_{SP}$ [kWh ano]	3834530,819
$E_{RJ}$ [kWh ano]	4190415,928
$EUED_{CTBA}$	1,245
$EUED_{SP}$	1,260
$EUED_{RJ}$	1,377
$(EUED/PUE\ COA)_{CTBA}$ ano	16,86%
$(EUED/PUE\ COA)_{SP}$ ano	16,19%
$(EUED/PUE\ COA)_{RJ}$ ano	10,31%

Tabela 7 - Resultados nos cálculos usando as regras do índice EUED.

Na Figura 2, as informações comparativas do COP PUE COA e do COP EUED mostram que o COP EUED é muito maior que os outros índices, portanto, esta é a melhor maneira de mapear as possibilidades na fase de concepção do projeto e obter resultados satisfatórios no instalações de novos DCs.

CIDADES	PUE COA	EUED	COP PUE COA	COPEUED
Curitiba	1,455	1,245	3,745	13,553
São Paulo	1,467	1,260	3,642	11,481
Rio de Janeiro	1,481	1,377	3,463	5,629

Tabela 8 – Comparação de PUE COA, EUED, COP PUE COA e COP EUED.

O TEWI é uma métrica do impacto do aquecimento global do equipamento com base nas emissões totais de gases de efeito estufa durante a operação do equipamento e no descarte de fluidos operacionais em fim de vida. O TEWI considera tanto as emissões furtivas diretas quanto as indiretas produzidas através da energia consumida nas operações do equipamento. O TEWI é medido em unidades de massa em kg de equivalente dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (ASHRAE, 2005)

Essa metodologia foi aplicada no desenvolvimento do projeto do DC, determinando um COP PUE COA para comparar a eficiência com o EUED nas três localidades calculadas, Curitiba, Rio de Janeiro e São Paulo. Os dados foram selecionados na ABNT NBR 16401-01-2008. Nesta etapa, a cidade de Chicago (USA) foi adicionada. A comparação dos dados das temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido é mostrada na Tabela 9 (ABNT, 2008).

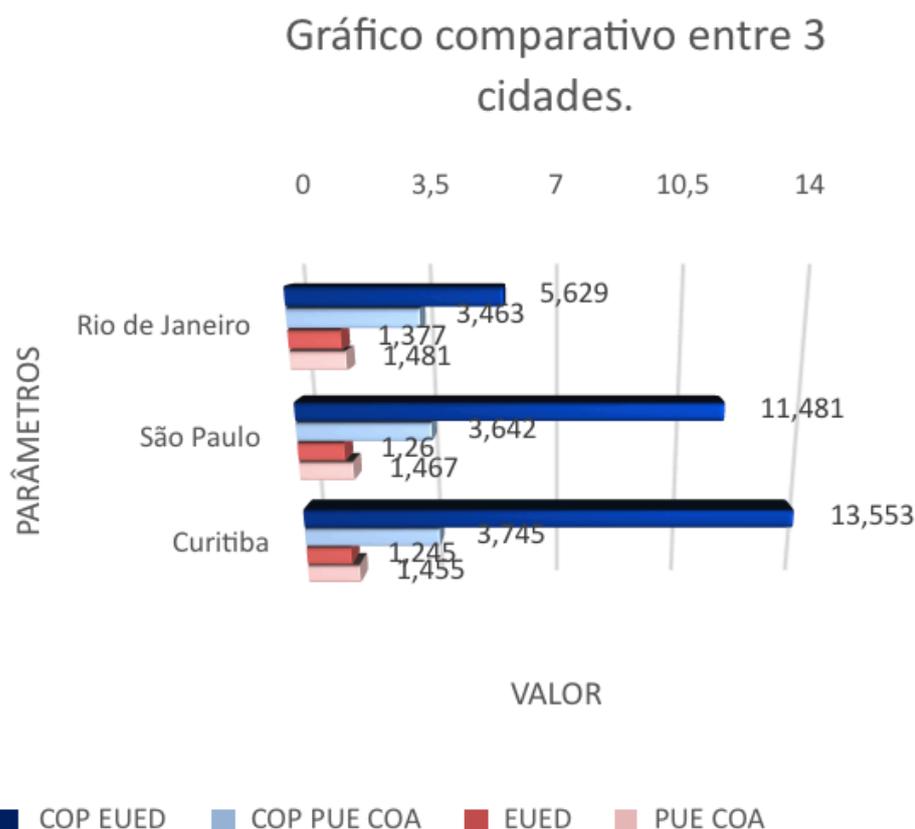


Figure 2 – Comparação dos COP PUE COA e COP EUED.

CIDADES	EUED	COP PUE COA/VENTILADOR	Energia Consumida	TEWI
<b>Curitiba</b>	1.277	3.745	255489.60	667042.128
<b>São Paulo</b>	1.163	3.642	301622.819	709946.022
<b>Rio de Janeiro</b>	1.389	3.122	657507.928	1040919.173
<b>Chicago</b>	1.246	3.477	258533.316	1781566.043

Tabela 9 – Comparação de valores de TEWI.

De acordo com a Tabela 9, nota-se que, embora Curitiba e Chicago tenham consumo anual de energia HVAC semelhante, o TEWI das cidades é completamente diferente: O TEWI de Chicago (USA) é 1781566,043 CO<sub>2</sub> kW/10 anos e Curitiba (Brasil) é de 667042,128 CO<sub>2</sub> kW/10 anos. Assim, Chicago tem uma despesa anual 267,08% maior que Curitiba, como mostra a Figura 3.

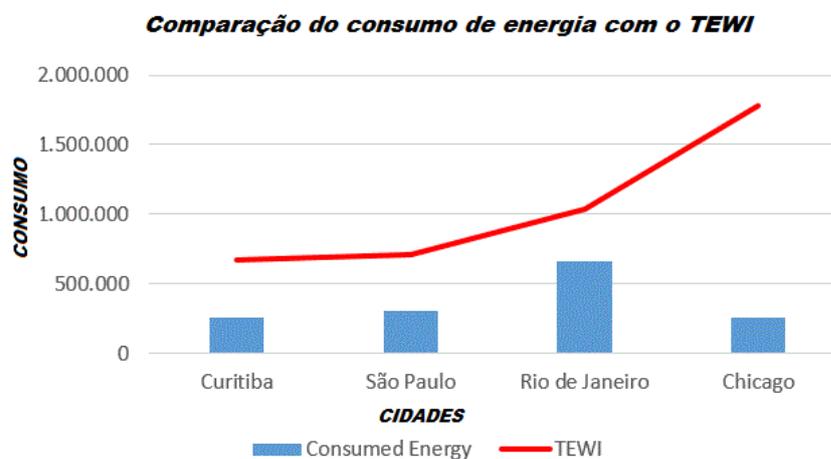


Figura 3 - Comparação do consumo de energia com o TEWI.

## 4 | CONCLUSÕES

O novo índice EUED proposto é um índice mais confiável que o PUE para analisar a eficiência energética em novos DCs, pelo fato de enfatizar as características ambientais externa dos DCs, O “Free Cooling” usando a entalpia é extremamente importante para a escolha do local para instalação de um Datacenter.

Entre as cidades escolhidas, Curitiba, São Paulo e Rio de Janeiro, a diferença de consumo de energia é superior a 1,21% de São Paulo em relação a Curitiba e 10,61% do Rio de Janeiro em relação a Curitiba. Os valores da EUED são, respectivamente, 1,245 kW/kW para Curitiba, 1,260 kW/kW para São Paulo e 1,377 kW/kW para o Rio de Janeiro, dando uma diferença de 16,86% para Curitiba, 16,19% para São Paulo e 10,31% para o Rio de Janeiro em relação ao PUE COA. Usando o TEWI como métrica, para um consumo anual de GWP (efeito estufa) HVAC semelhante entre Curitiba e Chicago, os valores TEWI determinados são extremamente diferentes, onde o TEWI de Chicago (USA) é 1781566,043

CO<sub>2</sub> kW/10 anos e Curitiba (Brasil) é 667042,128 CO<sub>2</sub> kW/10 anos.

O valor da cidade nos USA corresponde a uma despesa anual 267% maior que em Curitiba. A vantagem do EUED é que ele trabalha com as 8.760 horas na fase de projeto, usando elementos psicométricos para determinar quando usar o sistema de resfriamento e evaporação livres e, mais importante, variando o COP de acordo com as características ambientais.

## REFERÊNCIAS

- ABNT, 16401-2008. **Instalações de ar condicionado - Sistemas centrais e unitários, qualidade do ar interior**. Rio de Janeiro. 2008.
- AHRTI. **Methods of Calculating Total Equivalent Warming Impact (TEWI)**. AIRHA. 2012.
- ASHRAE. **Thermal guidelines for data processing environments-expanded data center classes and usage guidance**. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Inc.; 2011.
- ASHRAE. **PUE – A comprehensive Examination of the Metric**. 2013.
- ASHRAE. **Fundamentals Handbook. Climatic design information**. Chap. 28. 2005.
- Beitelmal, A. H.; Fabris, D. **Servers and data centers energy performance metrics**. 2014.
- Cisco. **Cisco Global Cloud Index: Forecast and Methodology**. 2015–2020. White Paper C11-738085-00, Cisco. 2016.
- COOLPACK. **Software de simulação Coolpack**. 2016.
- EY. **Lessons from change: building a better working world**. Ernst & Young. 2015.
- Costa, Guilherme Simões da. **Avaliação do uso de economizadores para redução de consumo de energia em edificações climatizadas**. 2014.
- Covas, Miguel Trigueiros; Silva, Carlos A.; Dias, Luis C. **On locating sustainable Data Centers in Portugal: Problem structuring and GIS-based analysis**. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*. 3(1), 27-35. 2013.
- Covas M.T., Silva C.A., Dias L.C. **Multi-Criteria Assessment of Data Centers Environmental Sustainability**. In: Bisdorff R., Dias L., Meyer P., Mousseau V., Pirlot M. (eds) *Evaluation and Decision Models with Multiple Criteria*. International Handbooks on Information Systems. Springer, Berlin, Heidelberg. 2015.
- Google. **Environmental Report 2019**. USA. September 2019.
- Green Grid. **PUE™: A comprehensive examination of the metric**. White paper #49 (Eds: V. Avelar, D. Azevedo, A. French), The Green Grid. 2012.
- Green Grid. **CUE – Carbon Usage Effectiveness. A Green Grid data center sustainability metric**. White paper #32. 2012.
- Green Grid. **WUE – Water Usage Effectiveness. A Green Grid data center sustainability metric**. White paper #35. 2012.

Lajevardi, Babak; Haapala, Karl R.; Junker, Joseph F. **Real-time monitoring and evaluation of energy efficiency and thermal management of data centers**. 2014.

Khalaj, Ali Habibi; Abdulla, Khalid; Halgamuge, Saman K. Marks' **Towards the stand-alone operation of data centers with free cooling and optimally sized hybrid renewable power generation and energy**. Standard handbook for Mechanical Engineers, 8th Ed., McGraw Hill, p. 19–3. 2018.

Rasmussen, N. **Implementing Energy Efficient Data Centers**. White Paper 114. Schneider Electric Data Center Science Center. Schneider-Electric. 2012.

Rs-online. **Designspark the evolution of data-center models**. Disponível em <https://www.rs-online.com/designspark/the-evolution-of-data-center-models>. Acessado em 03/03/2020.

Saylor et al. **Fluid selection and property effects in single- and two-phase immersion cooling (of electronic components)**. IEEE Trans on Comp, Hyb, and Manuf Tecnol. Vol 11. Is 4. Dec. 1988.

## 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**