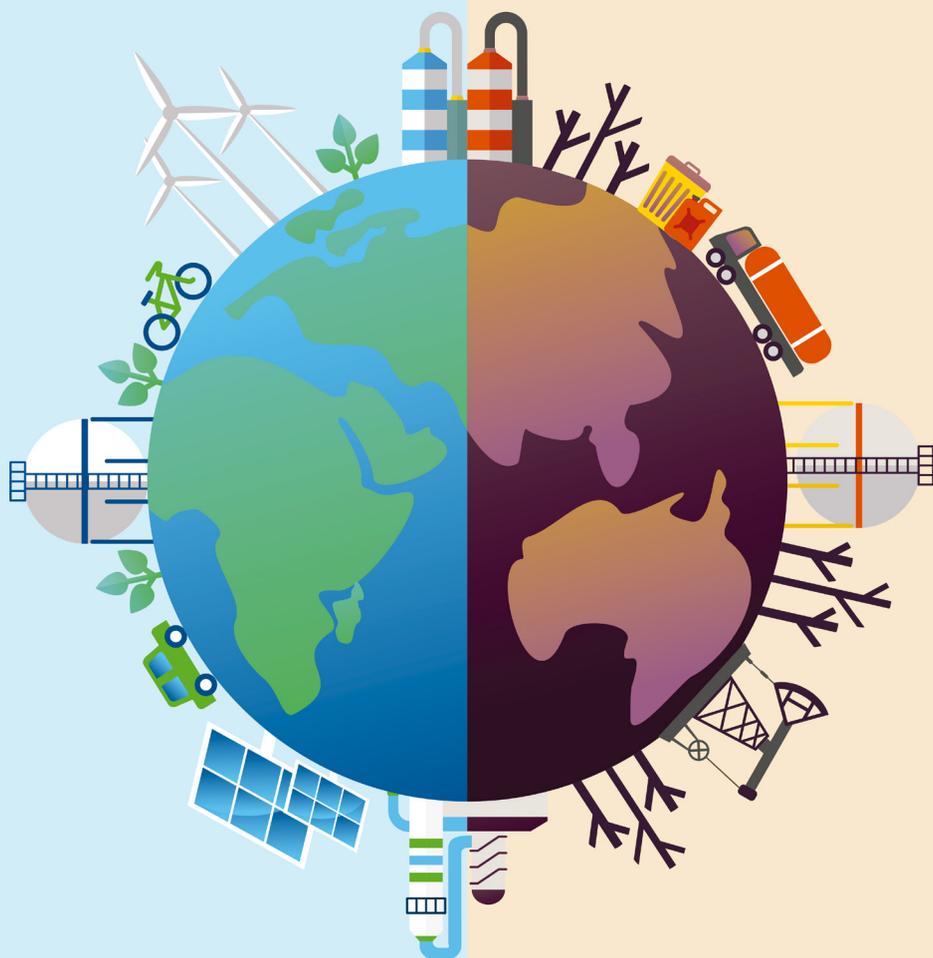


CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO:

A Nova Produção do Conhecimento



Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2021

CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO:

A Nova Produção do Conhecimento



Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
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 – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
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. 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^ª Dr^ª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^ª Dr^ª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª 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 Alfnas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof^ª Dr^ª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª Dr^ª 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 Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

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

Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

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

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^ª Dr^ª 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. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
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. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
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^ª Dr^ª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Prof^ª Dr^ª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof^ª Dr^ª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
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^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof^ª Dr^ª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
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

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. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Aleksandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof^ª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^ª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Prof^ª Dr^ª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^ª Dr^ª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof^ª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Prof^ª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Prof^ª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
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
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
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 Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
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
Prof^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Liliansi Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
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
Prof^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Prof^ª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Ciência, tecnologia e inovação: a nova produção do conhecimento

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Giovanna Sandrini de Azevedo
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569 Ciência, tecnologia e inovação: a nova produção do conhecimento / Organizador Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-849-6

DOI 10.22533/at.ed.496210903

1. Conhecimento. I. Almeida Junior, Edson Ribeiro de Britto de (Organizador). II. Título.

CDD 001

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

A coleção “Ciência, Tecnologia e Inovação: A Nova Produção do Conhecimento” é uma obra que tem como foco principal a discussão científica por intermédio dos trabalhos que compõem seus capítulos. O volume abordará, de forma categorizada e interdisciplinar, resultados de pesquisas, relatos de casos e/ou revisões que transitam no pluralismo conceitual e epistemológico da Ciência, da Tecnologia e da Inovação.

O objetivo central do livro é apresentar, de forma categorizada e clara, estudos desenvolvidos em diversas instituições de ensino e pesquisa do Brasil e de outros países sul-americanos. Partindo do pressuposto que a Tecnologia não se limita ao uso de equipamentos digais, todos os trabalhos manifestam a Tecnologia como uma forma de conhecimento que emerge da atividade humana em busca do desenvolvimento e da melhoria de sua qualidade de vida. Temas diversos e interessantes são, deste modo, discutidos aqui com a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres, doutores e todos aqueles que de alguma forma se interessam pela inovação do conhecimento por meio do conhecimento científico e tecnológico.

Na obra, contamos com trabalhos que discutem desde a trajetória da linguagem fundamentada pela filosofia contemporânea até o conceito de Inteligência Artificial. A importância da inovação também é ressaltada por meio de trabalhos que discutem os impactos da tecnologia na segurança pública, na contabilidade ambiental, na caracterização de mercados e até mesmo em empresas construtoras. Há trabalhos que apresentam os benefícios emergentes do aprimoramento de novas técnicas para o desenvolvimento de pasta geopolimérica e para o reaproveitamento de Rejeito e Estéril. Outros capítulos discutem os benefícios provenientes das inovações, como a conservação de recursos hídricos e outras conscientizações ambientais. Em relação à conceitos vinculados à Ciência e Tecnologia de Alimentos, há capítulos que discutem a imobilização de lipases, que são enzimas que catalisam a quebra de gorduras, e o estudo da utilização de Plantas Alimentícias Não Convencionais. Os demais capítulos debatem a respeito das potencialidades, das tecnologias computacionais, para o desenvolvimento de novos exames médicos, de novos combustíveis para aviação e também para o georrefenciamento de doenças em épocas pandêmicas.

Deste modo, essa leitura proporcionará um repertório de trabalhos bem fundamentados e com resultados práticos, obtidos por diversos professores e acadêmicos que arduamente desenvolveram seus trabalhos que aqui serão apresentados de maneira concisa e didática. Sabemos o quão importante é a divulgação científica, por isso evidenciamos também a estrutura da Atena Editora capaz de oferecer uma plataforma consolidada e confiável para estes pesquisadores exporem e divulguem seus resultados.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 11

INTELIGÊNCIA DIGITAL: ESTRUTURAÇÃO DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL NAS EMPRESAS, LITERACIA EM TECNOLOGIAS E ADAPTAÇÃO INDIVIDUAL DO SER HUMANO

Vitor Lellis Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.4962109031

CAPÍTULO 2 7

A TRAJETÓRIA DO SER E DA LINGUAGEM EM *TERRA SONÂMBULA* DE MIA COUTO COM BASE EM MARTIN HEIDEGGER

Angélica Maria Alves Vasconcelos

DOI 10.22533/at.ed.4962109032

CAPÍTULO 3 21

SEGURANÇA PÚBLICA E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA: UMA ANÁLISE DOS GASTOS NO ESTADO DE SÃO PAULO

Francisco Teixeira Pereira

Isabel Cristina dos Santos

Cristiane Santana Teles Pereira

DOI 10.22533/at.ed.4962109033

CAPÍTULO 4 37

A CONTABILIDADE AMBIENTAL COMO FATOR DE PROTEÇÃO AO ECOSISTEMA E GERAÇÃO DE VALOR AGREGADO

Mayrla Cristhina Freire Moraes

Wilson Maciel Corrêa Filho

Iara Sônia Marchioretto

DOI 10.22533/at.ed.4962109034

CAPÍTULO 5 57

CARACTERIZAÇÃO DO MERCADO DO AEROPORTO MÁRIO DE ALMEIDA FRANCO - UBERABA, MINAS GERAIS

Caroline Gobbo Almeida

Ailton Cícero dos Santos Junior

Viviane Adriano Falcão

DOI 10.22533/at.ed.4962109035

CAPÍTULO 6 69

INCIDENCIA DE LA INNOVACIÓN Y LA GESTIÓN TECNOLÓGICA EN LA COMPETITIVIDAD DE LAS EMPRESAS CONSTRUCTORAS

Giordano Rendina

DOI 10.22533/at.ed.4962109036

CAPÍTULO 7 95

AVALIAÇÃO DA INSERÇÃO DE FIBRAS DE SISAL CURTAS NA OTIMIZAÇÃO DA

PRODUÇÃO DE PASTA GEOPOLIMÉRICA

Lorayne Cristina da Silva Alves
Rondinele Alberto dos Reis Ferreira
Leila Aparecida de Castro Motta

DOI 10.22533/at.ed.4962109037

CAPÍTULO 8107

SOBRE A TEMÁTICA DO REAPROVEITAMENTO DE REJEITOS E ESTÉRIL

Rafaela Baldi Fernandes

DOI 10.22533/at.ed.4962109038

CAPÍTULO 9112

ADEQUABILIDADE DAS TERRAS DO RIBEIRÃO DAS AGULHAS – BOTUCATU (SP), VISANDO A CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Ana Paola Salas Gomes Duarte Di Toro

Sérgio Campos

Marcelo Campos

Thyellenn Lopes de Souza

Edéria Pereira Gomes Azevedo

DOI 10.22533/at.ed.4962109039

CAPÍTULO 10120

BREVES CONCEITOS E DEFINIÇÕES DE BIOPROSPECÇÃO NA AMAZONIA LEGAL

Leonardo Marcelo dos Reis Braule Pinto

Michele Lins Aracaty e Silva

Therezinha de Jesus Pinto Fraxe

DOI 10.22533/at.ed.49621090310

CAPÍTULO 11130

AGENDA AMBIENTAL DA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA (A3P): CAPACITAÇÃO E GERENCIAMENTO PARA AÇÕES RESPONSIVAS NA REDE FEDERAL DE EDUCAÇÃO DO SUL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Sílvia Cristina de Souza Trajano

DOI 10.22533/at.ed.49621090311

CAPÍTULO 12138

IMOBILIZAÇÃO DE LIPASES: UMA VISÃO GERAL DOS MÉTODOS DE IMOBILIZAÇÃO E APLICAÇÕES

Marta Maria Oliveira dos Santos Gomes

Márcia Soares Gonçalves

Marise Silva de Carvalho

Polyany Cabral Oliveira

Luiz Henrique Sales de Menezes

Adriana Bispo Pimentel

Ozana Almeida Lessa

Iasnaia Maria de Carvalho Tavares

Julietta Rangel de Oliveira

Adriano Aguiar Mendes

Marcelo Franco

DOI 10.22533/at.ed.49621090312

CAPÍTULO 13149

PANC COM POTENCIAL GASTRONÔMICO: EXPERIÊNCIA DO CENTRO DE REFERÊNCIA EM AGROECOLOGIA DO IFAM-CMZL

Andrea Paula Menezes de Almeida

Ana de Souza Lima

Marluce Silva dos Santos

Nailson Celso da Silva Nina

Rosana Antunes Palheta

DOI 10.22533/at.ed.49621090313

CAPÍTULO 14170

PARALELIZAÇÃO DO PROBLEMA DE ORDENAÇÃO COM O USO DE OPENCL

Heleno Pontes Bezerra Neto

DOI 10.22533/at.ed.49621090314

CAPÍTULO 15183

GERAÇÃO DE DOMÍNIO E MALHA PARA O ESTUDO FLUIDODINÂMICO COMPUTACIONAL DE VASOS SEPARADORES HORIZONTAIS TRIFÁSICOS

Vittor Jorge Santos Marcelo

Jéssica Barbosa da Silva do Nascimento

DOI 10.22533/at.ed.49621090315

CAPÍTULO 16199

SELEÇÃO DE *SOFTWARES* PARA O ENSINO DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

Marcelo Salvador Celestino

Vânia Cristina Pires Nogueira Valente

DOI 10.22533/at.ed.49621090316

CAPÍTULO 17218

EQUIPAMENTO DE FOTOBIMODULAÇÃO PARA APLICABILIDADE EM ODONTOLOGIA COM PARÂMETROS ASSOCIADOS: PATENTE

Luis Gustavo Franco Lessa

Hideo Suzuki

Aguinaldo Silva Garcez Segundo

DOI 10.22533/at.ed.49621090317

CAPÍTULO 18238

ESTUDO COMPARATIVO DE DIFERENTES BIOMASSAS UTILIZADAS NA PRODUÇÃO DE BIOQUEROSENE DE AVIAÇÃO

Carolina Silva e Silva

Caroline de Souza Costa

Natasha Gouveia de Moraes

Luciene Santos de Carvalho

Leila Maria Aguilera Campos

DOI 10.22533/at.ed.49621090318

CAPÍTULO 19	256
PREJUÍZO NAS FUNÇÕES EXECUTIVAS RELACIONADAS AO USO ABUSIVO DE	
ÁLCOOL: UMA REVISÃO INTEGRATIVA	
João Paulo Moreira Di Vellasco	
Rejane Soares Ferreira	
DOI 10.22533/at.ed.49621090319	
CAPÍTULO 20	277
MANUSEIO DE FERRAMENTA <i>ONLINE</i> PARA PROCESSO DE GEORREFENCIAMENTO	
DOS CASOS DE DENGUE EM MEIO A PANDEMIA DA COVID-19	
Vitória Alves de Moura	
Antonia Elizangela Alves Moreira	
Maurício Lima da Silva	
Helvis Eduardo Oliveira da Silva	
Fernanda Guedzya Correia Saturnino	
Renata Torres Pessoa	
Pedro Carlos Silva de Aquino	
Sandra Nyedja de Lacerda Matos	
Hudday Mendes da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.49621090320	
CAPÍTULO 21	285
AS TECNOLOGIAS <i>mHEALTH</i> COMO ESTRATÉGIA DE COMUNICAÇÃO ENTRE	
ENFERMEIROS E LACTANTES	
Claudia Cristina Dias Granito Marques	
Alice Damasceno Abreu	
Laion Luiz Fachini Manfroi	
DOI 10.22533/at.ed.49621090321	
CAPÍTULO 22	325
AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL E FATORES RELACIONADOS EM	
CRIANÇAS COM ALERGIA À PROTEÍNA DO LEITE DE VACA (APLv) NO MUNICÍPIO	
DE IGUATU - CE	
Nielly Coelho Alexandre	
Cicero Jordan Rodrigues Sobreira da Silva	
Yasmim Mota de Moraes Pontes	
Luana Bezerra Mangueira	
Francisco Wellington de Sousa Junior	
Camila Venancia Guerra Andrade	
Thayná Bezerra de Luna	
Maria Iris Lara Saraiva de Figueirêdo	
Roberta Larissa Rolim Fidelis	
Antônia Jaíne Gomes Barboza	
Juliana Alves de Moraes	
Cicero Jonas Rodrigues Benjamim	
DOI 10.22533/at.ed.49621090322	
SOBRE O ORGANIZADOR	335
ÍNDICE REMISSIVO	336

PARALELIZAÇÃO DO PROBLEMA DE ORDENAÇÃO COM O USO DE OPENCL

Data de aceite: 26/02/2021

Data de submissão: 28/01/2021

Heleno Pontes Bezerra Neto

Universidade Federal de Alagoas

Maceió – Alagoas

<http://lattes.cnpq.br/6653501188140086>

RESUMO: A aplicação de técnicas de ordenação está presente em diversos problemas de engenharia de modo que podem ser responsáveis por grande parte do custo computacional. Desta forma, neste artigo realiza-se um estudo sobre a viabilidade de técnicas de processamento paralelo nos algoritmos de ordenação com o objetivo de redução do tempo. Para o desenvolvimento deste artigo implementam-se o método MergeSort em serial e em OpenCL, e os métodos Buble Sort Sorting Network e Bitonic MergeSort em OpenCL. Realizam-se as simulações utilizando a plataforma Google Colaboratory (Google Colab), onde foram acessadas duas máquinas com as placas gráficas Tesla T4 (2560 CUDA cores) e Tesla P100-PCIE-16GB (3584 CUDA cores). Verifica-se que somente a versão paralela Bitonic MergeSort proporcionou uma redução do tempo computacional em relação a versão serial. Comparando-se os tempos computacionais utilizando as placas gráficas, observa-se que o tempo computacional utilizando a Tesla P100 é menor que o utilizando a Tesla T4, isso se deve, principalmente, pela quantidade de CUDA cores disponíveis. Por apresentar 1000 CUDA

cores a mais, a Tesla P100 consegue executar mais atividades ao mesmo tempo, o que gera uma redução do tempo computacional. De todo modo, a paralelização é importante de ser realizada em programas que demandam muito tempo computacional, entretanto, deve-se fazer um estudo do código, a fim de verificar se essa paralelização resultará em redução do tempo.

PALAVRAS-CHAVE: Processamento paralelo; Algoritmos de ordenação; Google Colaboratory.

PARALLELIZATION OF THE SORTING PROBLEM WITH THE USE OF OPENCL

ABSTRACT: The application of sorting techniques is present in several engineering problems so that they can be responsible for a large part of the computational cost. Thus, in this article, a study is carried out on the feasibility of parallel processing techniques in the sorting algorithms to reduce time. For the development of the article, the MergeSort method is implemented in serial and OpenCL, and the Buble Sorting Network and Bitonic MergeSort methods in OpenCL. The simulations are carried out using a Google Collaboratory platform (Google Colab), where two machines with the Tesla T4 graphics card (2560 CUDA cores) and Tesla P100-PCIE-16GB (3584 CUDA cores) were accessed. It appears that only the parallel version Bitonic MergeSort provided a reduction in computational time concerning the serial version. Comparing the computational times using graphics cards, it is observed that the computational time using a Tesla P100 is less than using a Tesla T4, this is mainly due to the amount of CUDA cores available. Because it has 1000 more CUDA cores, a Tesla P100

can perform more activities at the same time, which generates a reduction in computational time. Anyway, a parallelization is important to be performed in programs that demand a lot of computational time, however, a study of the code must be made, verify if this parallelization results in a reduction of time.

KEYWORDS: Parallel processing; Sorting algorithms; Google Colaboratory.

1 | INTRODUÇÃO

A computação de alto desempenho surge com o objetivo de fornecer mais capacidade computacional ao usuário, seja a possibilidade de executar várias atividades ao mesmo tempo em processadores/máquinas diferentes, seja pegando uma tarefa e distribuindo para vários processadores, com o objetivo principal de reduzir o tempo computacional.

Segundo Santos e Bezerra Neto (2011), o uso de programação em paralelo permite que programas sejam executados tanto em ambientes de memória distribuída quanto em ambientes de memória compartilhada, podendo utilizar, também, um ambiente híbrido.

No ambiente de memória distribuída, computadores são interligados através de uma rede de alta velocidade e trabalham juntos na resolução de problemas computacionais através da troca de mensagens entre si, com cada um destes computadores utilizando seu próprio recurso de memória (SANTOS E BEZERRA NETO, 2011).

Segundo Sena e Costa (2008), “as técnicas de memória compartilhada são utilizadas em ambiente que possuem vários núcleos de processamento compartilhando o mesmo recurso de memória”.

Segundo Silveira, Silveira Jr e Cavalheiro (2020), OpenCL é um padrão aberto para programação de alto desempenho em ambientes computacionais heterogêneos equipados com CPUs *multicore* e GPUs *many-core*.

A aplicação de técnicas de ordenação está presente em diversos problemas de engenharia de modo que podem ser responsáveis por grande parte do custo computacional. Desta forma, este artigo tem o objetivo de estudar a viabilidade de aplicações de técnicas de processamento paralelo nos algoritmos de ordenação para redução do custo do tempo computacional.

2 | METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste artigo realiza-se a implementação em serial da técnica de ordenação MergeSort. Em seguida, desenvolvem-se os códigos computacionais em OpenCL para GPU. Além do MergeSort, também se utilizam os métodos Bubble Sort Sorting Network e Bitonic MergeSort em OpenCL. Realizam-se ordenações com grandezas diferentes e calcula-se a métrica de desempenho SpeedUP, que consiste na razão entre o tempo serial e o tempo paralelo.

Realizam-se as simulações utilizando a plataforma Google Colaboratory (Google

Colab), que disponibiliza uma máquina para cada usuário com uma placa gráfica associada. Para as análises em questão, foram realizadas simulações na Tesla T4 (2560 CUDA cores) e na Tesla P100-PCIE-16GB (3584 CUDA cores).

3 | RESULTADOS

3.1 Análise de complexidade

O algoritmo de ordenação implementado é o MergeSort e o ordenação por seleção. O algoritmo MergeSort possui complexidade $O(n \log n)$, já o por seleção possui complexidade $O(n^2)$. Devido à complexidade maior do Ordenação por seleção, será tratado dele somente na versão paralela denotada Simple Sorting Network.

3.2 Implementação

Keim (2019) desenvolveu três algoritmos de ordenação MergeSort, Bitonic MergeSort e o Simple Sorting Network para OpenCL, assim como uma versão CPU do MergeSort. Em seu trabalho, Keim (2019) comparou o desempenho dos três algoritmos em GPU com a implementação em CPU do MergeSort, verificando quais dos métodos melhorou o desempenho com a paralelização.

Neste trabalho utilizam-se os códigos desenvolvidos por Keim (2019), no entanto, realizam-se simulações variando a quantidade de termos distribuídos para cada processador (núcleo de processamento). Além disso, comparam-se o desempenho dos códigos quando executados na Tesla T4 e na Tesla P100. Também se compara o desempenho do MergeSort desenvolvido por Keim (2019) e o desenvolvido pelo autor, na implementação sequencial.

O código MergeSort implementado por Keim (2019) é mostrado na Figura 1. Verifica-se que a função de ordenação não é recursiva, diferente do modo clássico implementado, além de não possuir a criação de dois vetores com metade do comprimento o vetor original cada vez que a função é chamada, o que implica em redução do consumo de memória.

```

void CSortTask::MergeSort()
{
    //temporary buffer as an helper array
    unsigned int* tmpBuffer = new unsigned int[m_N_padded];
    memcpy(tmpBuffer, m_input, m_N_padded * sizeof(unsigned int));
    for (unsigned int stride = 2; stride <= m_N_padded; stride *= 2) {
        for (unsigned int i = 0; i < m_N_padded; i += stride) {
            unsigned int middle = i + (stride / 2);
            unsigned int left = i, right = middle;
            unsigned int rightBoundary = min(i + stride, (unsigned
int) m_N_padded);
            for (unsigned int j = i; j < rightBoundary; j++) {
                if (left < middle &&
(right == rightBoundary || tmpBuffer[left]
<= tmpBuffer[right])) {
                    m_resultCPU[j] = tmpBuffer[left];
                    left++;
                }
                else {
                    m_resultCPU[j] = tmpBuffer[right];
                    right++;
                }
            }
            swap(m_resultCPU, tmpBuffer);
        }
        // final swap to have the result in the correct array
        swap(m_resultCPU, tmpBuffer);

        // delete helper array
        SAFE_DELETE_ARRAY(tmpBuffer);
    }
}

```

Figura 1 - Código MergeSort

A Figura 2 mostra a comparação do tempo de execução dos códigos sequenciais desenvolvidos por Keim (2019) e pelo autor (2021). Observa-se que para vetores de pequenas dimensões os tempos são próximos, no entanto, à medida que o número de elementos aumenta, o tempo também aumenta.



Figura 2 - Comparação dos códigos sequenciais desenvolvidos por Keim (2019) e pelo autor (2021)

Na Tabela 1 observam-se os tempos de simulação para as duas implementações, verifica-se que a implementação desenvolvida neste trabalho apresentou um custo maior que a desenvolvida por Keim (2019). Fato que pode estar relacionado a utilização da função recursiva. Os modelos utilizados representam a dimensão dos vetores a serem ordenados, cuja dimensão correspondente pode ser vista na Tabela 2.

Código	Modelos					
	1	2	3	4	5	6
Keim (2019)	0,452	9,371	50,307	186,041	399,401	16127,600
Autor (2021)	0,574	11,588	52,950	240,364	472,874	17877,800

Tabela 1 - Comparação do tempo de simulação

Modelos	Dimensão	Dimensão
1	4*1024	4096
2	64*1024	65536
3	256*1024	262144
4	1024*1024	1048576
5	2*1024*1024	2097152
6	64*1024*1024	67108864

Tabela 2 - Descrição dos modelos

Desta forma, considera-se somente a versão sequencial desenvolvida por Keim (2019) para os exemplos que serão tratados, sendo renomeado para CPU.

A Figura 3 apresenta o código em OpenCL do MergeSort. Em OpenCL as funções são definidas como kernel. Cada processador (CUDA core, utilizando GPU) executará essa função com os elementos transferidos para ele. Esta quantidade é definida pela variável LocalWorkSize. Neste trabalho se utilizam de três valores para essa variável, 64, 128 e 256, sendo 256 o limite máximo.

O método Simple Sort Network pode ser visto na Figura 4. Ele consiste na ordenação par a par dos números.

Já o Bitonic MergeSort foi desenvolvido para o uso em GPU e consiste em se trabalhar com blocos de números (inicialmente pares de números), ordená-los, em seguida combinar os pares, fazendo nova ordenação. A Figura 5 mostra o código do Bitonic MergeSort.

Cada elemento dos vetores são gerados de forma aleatória, utilizando a função rand(). Inicialmente são realizadas as ordenações considerando a quantidade de termos por processador (LWS) igual a 256.

```

// basic kernel for mergesort start
__kernel void Sort_MergesortStart(const __global uint* inArray, __global
uint* outArray)
{
    __local uint local_buffer[2][MAX_LOCAL_SIZE * 2];
    const uint lid = get_local_id(0);
    const uint index = get_group_id(0) * (MAX_LOCAL_SIZE * 2) + lid;
    char pong = 0;
    char ping = 1;

    // load into local buffer
    local_buffer[0][lid] = inArray[index];
    local_buffer[0][lid + MAX_LOCAL_SIZE] = inArray[index +
MAX_LOCAL_SIZE];

    // merge sort
    for (unsigned int stride = 2; stride <= MAX_LOCAL_SIZE * 2; stride <<=
1) {
        ping = pong;
        pong = 1 - ping;
        uint leftBoundary = lid * stride;
        uint rightBoundary = leftBoundary + stride;

        uint middle = leftBoundary + (stride >> 1);
        uint left = leftBoundary, right = middle;
        barrier(CLK_LOCAL_MEM_FENCE);
        if (rightBoundary > MAX_LOCAL_SIZE * 2) continue;
#pragma unroll
        for (uint i = 0; i < stride; i++) {
            uint leftVal = local_buffer[ping][left];
            uint rightVal = local_buffer[ping][right];
            bool selectLeft = left < middle && (right >=
rightBoundary || leftVal <= rightVal);

            local_buffer[pong][leftBoundary + i] = (selectLeft) ?
leftVal : rightVal;

            left += selectLeft;
            right += 1 - selectLeft;
        }
    }

    //write back
    barrier(CLK_LOCAL_MEM_FENCE);
    outArray[index] = local_buffer[pong][lid];
    outArray[index + MAX_LOCAL_SIZE] = local_buffer[pong][lid +
MAX_LOCAL_SIZE];
}

```

Figura 3 - Implementação do MergeSort em OpenCL

```

__kernel void Sort_SimpleSortingNetwork(const __global uint* inArray,
__global uint* outArray, const uint offset, const uint size)
{
    const uint index = (get_global_id(0) << 1) + offset;
    if (index + 1 >= size) return;

    uint left = inArray[index];
    uint right = inArray[index + 1];
    sort(&left, &right, 1);
    outArray[index] = left;
    outArray[index + 1] = right;
}

```

Figura 4 - Implementação do Simple Sorting Network em OpenCL

```

__kernel void Sort_BitonicMergeSortLocal(__global uint* data, const uint
size, const uint blocksize, uint stride)
{
    // This Kernel is basically the same as Sort_BitonicMergeSortStart
    except of the "unrolled" part and the provided parameters
    __local uint local_buffer[2 * MAX_LOCAL_SIZE];
    uint gid = get_global_id(0);
    uint groupd = get_group_id(0);
    uint lid = get_local_id(0);
    uint clampedGID = gid & (size / 2 - 1);

    uint index = groupd * (MAX_LOCAL_SIZE * 2) + lid;
    //load into local mem
    local_buffer[lid] = data[index];
    local_buffer[lid + MAX_LOCAL_SIZE] = data[index + MAX_LOCAL_SIZE];

    // bitonic merge
    char dir = (clampedGID & (blocksize / 2)) == 0; //same as above, %
    calc
    #pragma unroll
    for (; stride > 0; stride >>= 1) {
        barrier(CLK_LOCAL_MEM_FENCE);
        uint idx = 2 * lid - (lid & (stride - 1));
        sortLocal(&local_buffer[idx], &local_buffer[idx + stride],
    dir);
    }

    // sync and write back
    barrier(CLK_LOCAL_MEM_FENCE);
    data[index] = local_buffer[lid];
    data[index + MAX_LOCAL_SIZE] = local_buffer[lid + MAX_LOCAL_SIZE];
}

```

Figura 5 - Implementação do Bitonic MergeSort em OpenCL

3.3 Análise com a Tesla T4

A Tabela 3 mostra os tempos de simulação (em milissegundos) necessários utilizando a placa gráfica Tesla T4. Observa-se que não foi possível realizar a ordenação com todos os métodos, sendo a memória um dos limitantes disso.

Método	Modelo					
	1	2	3	4	5	6
CPU	0,504	9,924	43,726	201,213	496,502	17077,200
MergeSort	2,230	20,150	56,734	254,346	511,364	-
SSN	1,739	33,840	450,753	-	-	-
Bitonic	0,211	0,473	0,846	4,313	14,111	701,983

Tabela 3 - Tempo de simulação utilizando a Tesla T4 e LWS = 256

Analisando a Tabela 3, verifica-se que a paralelização nem sempre reduz o tempo computacional. Para os métodos utilizados, somente a utilização do Bitonic MergeSort resultou na melhoria do tempo computacional. A Tabela 4 mostra o SpeedUp calculado para cada um dos métodos e modelos.

Método	Modelo					
	1	2	3	4	5	6
MergeSort	0,226	0,493	0,771	0,791	0,971	-
SSN	0,290	0,293	0,097	-	-	-
Bitonic	2,393	20,994	51,668	46,656	35,185	24,327

Tabela 4 - SpeedUp utilizando a Tesla T4 e LWS = 256

Observa-se, a partir da Tabela 4, que com a utilização do método Bitonic MergeSort o SpeedUp máximo obtido foi de 51,668 e ocorreu com a ordenação do modelo 4 que possui 2^{20} termos, embora perceba-se que todos os valores de SpeedUp foram maiores que 1, o que indica que todas as análises em paralelo reduziram o tempo computacional.

Ainda utilizando a placa gráfica Tesla T4, fez-se a redução do LWS para 128 e 64, verificando qual impacto essa modificação traria em termos de tempo de simulação. A Figura 6 apresenta os gráficos dos tempos computacionais simulando o Bitonic MergeSort para os modelos de 1 a 5.

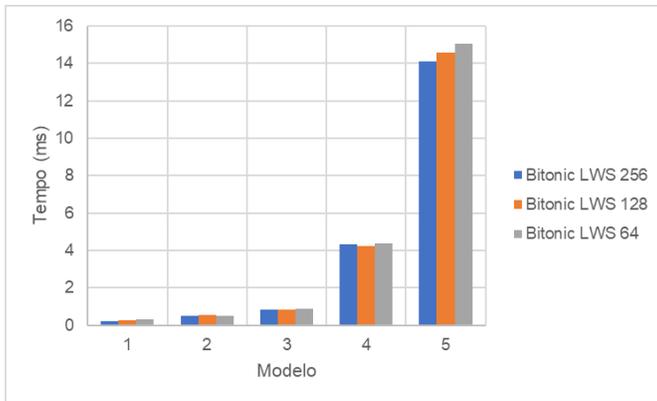


Figura 6 - Comparação das simulações com Bitonic MergeSort variando o LWS (Modelos de 1 a 5) para a Tesla T4

Percebe-se, analisando a Figura 6, que a modificação no tempo computacional ocorreu apenas no modelo 5, para uma carga grande de termos a serem ordenados. Para as quantidades menores, o tempo permaneceu praticamente o mesmo. Para o modelo 6, ausente na Figura 6, obteve-se um tempo de 732,109 ms para LWS de 64, para LWS de 128 obteve-se 715,412 ms e 701,983 para LWS de 256, observando-se uma diferença mais significativa, de aproximadamente 30 ms.

Embora o aumento seja na escala de milissegundos, alguns problemas de engenharia, por exemplo, podem necessitar que esse procedimento seja repetido milhares, ou até milhões, de vezes, o que resulta em um valor significativo para a simulação. Percebe-se, que a diminuição de termos por processador gera um aumento computacional, no entanto, ao ser analisado o SpeedUp, ainda se verifica a melhoria quanto ao código serial (Figura 7).

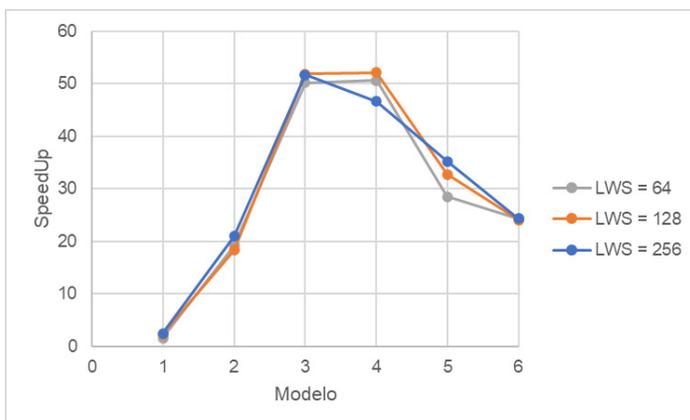


Figura 7 - SpeedUp das simulações com a Tesla T4 para o Bitonic MergeSort

Analisando a Figura 7, verifica-se que o modelo 4 apresentou os melhores valores de SpeedUp para LWS de 64 e 128, sendo somente LWS de 256 que o modelo 3 gerou um melhor valor.

3.4 Análise com a Tesla P100

Realizam-se análises semelhantes utilizando a Tesla P100. A Tabela 5 mostra o tempo de simulação considerando o LWS igual a 64. Observa-se, novamente, que somente o Bitonic MergeSort apresentou melhoria do tempo computacional.

Método	Modelo					
	1	2	3	4	5	6
CPU	0,571	10,414	47,839	206,044	450,282	17594,500
MergeSort	1,624	24,857	98,780	452,005	905,730	-
SSN	1,617	26,739	349,907	-	-	-
Bitonic	0,242	0,526	0,914	3,353	7,576	345,955

Tabela 5 - Tempo de simulação utilizando a Tesla P100 e LWS = 64

A Tabela 6 apresenta os resultados de SpeedUp para o LWS de 64. Observa-se que o maior valor ocorreu para o modelo 4, semelhante ao que ocorreu para a Tesla T4, sendo obtido um valor maior que 61,45, enquanto para a Tesla T4 foi 50,62.

Método	Modelo					
	1	2	3	4	5	6
MergeSort	0,352	0,419	0,484	0,456	0,497	-
SSN	0,353	0,389	0,137	-	-	-
Bitonic	2,362	19,807	52,324	61,454	59,435	50,858

Tabela 6 - SpeedUp utilizando a Tesla P100 e LWS = 64

Fazendo a variação do LWS, verifica-se, na Figura 8, que o aumento do LWS proporcionou uma melhoria do tempo computacional e que para o modelo 5 o tempo de simulação foi praticamente igual.

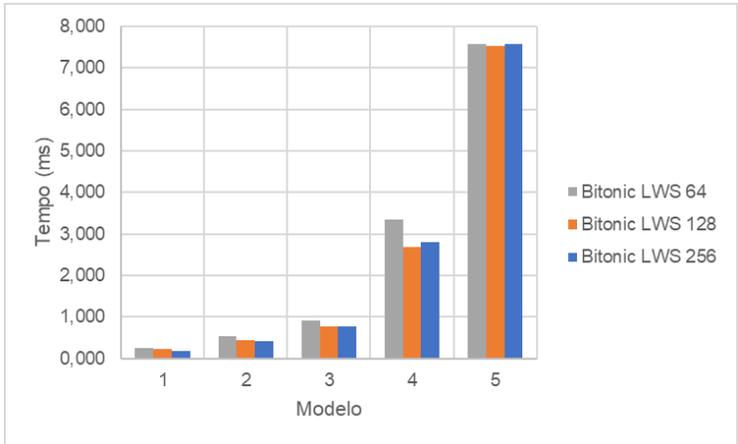


Figura 8 - Comparação das simulações com Bitonic MergeSort variando o LWS (Modelos de 1 a 5) para a Tesla P100

Para o modelo 6, computam-se tempos computacionais de 345,955 ms para LWS de 64, 347,178 ms para LWS de 128 e 352,421 ms para LWS de 256. Verifica-se que para esse modelo o aumento do LWS proporcionou um aumento do tempo computacional, embora fosse esperado que ocorresse o contrário.

Fazendo a comparação do SpeedUp variando o LWS (Figura 9) observa-se que o maior SpeedUp ocorreu com LWS igual 128, tendo um valor de 71,97.

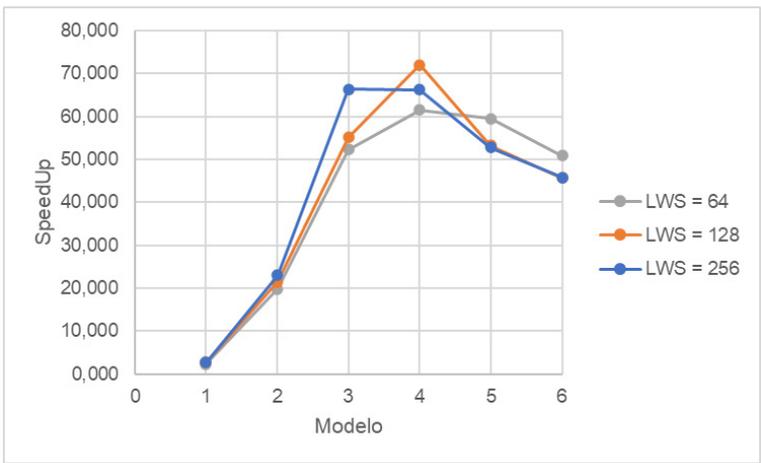


Figura 9 - SpeedUp das simulações com a Tesla P100 para o Bitonic MergeSort

3.5 Comparação entre a Tesla T4 e Tesla P100

A Tesla T4 apresenta 2560 CUDA cores, já Tesla P100-PCIE possui 3584 CUDA

cores. Como foram realizadas simulações com as duas GPUs, realiza-se a comparação entre elas. A Tabela 7 mostra os tempos computacionais do método Bitonic MergeSort variando o LWS. Observa-se que os tempos utilizando a Tesla P100 são menores que os que se utiliza a Tesla T4.

		Modelo					
Tesla	LWS	1	2	3	4	5	6
P100	256	0,169	0,407	0,759	2,808	7,567	352,421
	128	0,234	0,430	0,768	2,681	7,517	347,178
	64	0,242	0,526	0,914	3,353	7,576	345,955
T4	256	0,211	0,473	0,846	4,313	14,111	701,983
	128	0,279	0,531	0,841	4,252	14,567	715,412
	64	0,319	0,510	0,871	4,375	15,070	732,109

Tabela 7 - Tempo computacional para o Bitonic MergeSort nas Teslas T4 e P100

Na Figura 10 observa-se que o tempo computacional utilizando a Tesla P100 é menor que o utilizando a Tesla T4, isso se deve, principalmente, pela quantidade de CUDA cores disponíveis. Por apresentar 1000 cores a mais, a Tesla P100 consegue executar mais atividades ao mesmo tempo, o que gera uma redução do tempo computacional. Outros fatores como memória, também são importantes neste tipo de comparação.

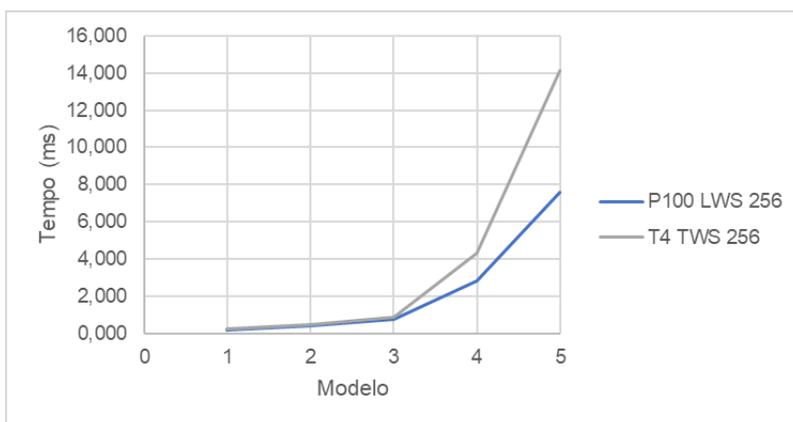


Figura 10 - Comparação do tempo computacional para o Bitonic MergeSort nas Teslas T4 e P100 com LWS = 256

4 | CONCLUSÕES

A paralelização dos códigos tem o objetivo de reduzir o tempo computacional. No entanto, a depender do código que se está utilizando, deve-se verificar se é necessário realizar este tipo de procedimento e se essa paralelização resultará numa redução de tempo.

No presente trabalho, utiliza-se o código sequencial MergeSort para ordenação, usando duas estratégias, uma com recursividade e outra sem. Verificando-se que a versão sem recursividade resultou em um código mais rápido.

Com a versão sequencial definida, criam-se três versões em OpenCL (MergeSort, Simple Sorting Network e Bitonic MergeSort) com o objetivo de utilizar o poder computacional das Placas gráficas Teslas T4 e P100. Verifica-se que somente a versão paralela Bitonic MergeSort proporcionou uma redução do tempo computacional em relação a versão serial.

Varia-se a quantidade de termos distribuídas para cada CUDA core e verifica-se o impacto dessa modificação no tempo computacional. Para a Tesla T4 observa-se que a mudança desta quantidade não afeta o tempo nos modelos de 1 a 4, já para os modelos 5 e 6 o tempo é afetado, sendo mais rápida quando se transfere mais termos. Para a Tesla P100, o comportamento foi diferente, para os modelos de 1 a 4 houve uma redução do tempo com o aumento da quantidade de termos, já para os modelos 5 e 6 o tempo foi reduzido com a redução dos termos.

De todo modo, a paralelização é importante de ser realizada em programas que demandam muito tempo computacional, entretanto, deve-se fazer um estudo do código, a fim de verificar se essa paralelização resultará em redução do tempo.

REFERÊNCIAS

KEIM, J.. (2019, October 15). Gram21/GPUSorting: Post-Course Release (Version v0.1). Zenodo. <http://doi.org/10.5281/zenodo.3490924>

SANTOS, K. R. M.; BEZERRA NETO, H. P. . **Curso de MPI**. (Apostila). Maceió, 2011.

SENA, M. C. R.; COSTA, J. A. C.. **Tutorial OpenMP C/C++**. (Apostila). Maceió, 2008.

SILVEIRA, C. L. B.; SILVEIRA JR., L. G.; CAVALHEIRO, G. G. H.. **Programação em OpenCL: Uma introdução Prática**. Disponível em http://www.inf.ufsc.br/~bosco.sobral/ensino/ine5645/Programacao_OpenCL_Introd_Pratica.pdf. Acessado em 14 de fevereiro de 2020.

ÍNDICE REMISSIVO

SÍMBOLOS

2.1.3.2.1. Enfoque estrutural de Porter (1980) 76

A

Agenda ambiental 130, 131

Agroecologia 149, 150, 152, 153, 154, 157, 158, 164, 167, 168

B

Biomassas 238, 239, 241, 245, 246, 247, 249, 250, 251, 252

Bioprospecção 120, 121, 124, 125, 126, 127, 128, 129

Bioquerosene de aviação 238, 239, 240, 241, 243, 250

C

Contabilidade ambiental 37, 39, 41, 43, 45, 53, 54, 55

D

Dengue 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284

E

Ensino de tomografia 199

Estéril 107, 109, 110, 111

F

Ferramenta online 277

Fibras de sisal 95, 97, 98, 100, 101, 102, 103, 105, 106

Fluidodinâmico 183, 195

Fotobiomodulação 218

Funções executivas 256, 257, 258, 261, 262, 264, 265, 266, 267, 270, 272, 273, 274, 275, 276

G

Georrefenciamento 277

Gestión tecnológica 69, 73, 74, 75, 84, 87

I

Imobilização de lipases 138

Inovação tecnológica 21, 23, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 335

Inteligência artificial 2

M

Martin Heidegger 7, 16, 19, 20

O

OpenCL 170, 171, 172, 174, 175, 176, 182

P

Pasta geopolimérica 95, 103

Plantas alimentícias não convencionais 149, 150, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 163, 164, 168, 169

R

Recursos hídricos 112, 113

Rejeitos 107, 108, 109, 110, 111, 247

S

Segurança pública 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 35, 36

Separadores trifásicos 186, 187

Softwares 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 210, 211, 212, 214, 215, 217, 290, 292

T

Tomografia computadorizada 199, 200, 204, 212, 215, 220

Transformação digital 1, 3, 4

U

Uso abusivo de álcool 256, 260, 269

V

Valor agregado 30, 37, 38, 53, 54, 74

CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO:

A Nova Produção do Conhecimento

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO:

A Nova Produção do Conhecimento

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 