

INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL:

Coletânea de Estudos de Casos



Jefferson Gustavo Martins
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2021

INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL:

Coletânea de Estudos de Casos



Jefferson Gustavo Martins
(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
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª 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. Elói Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale 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
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
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. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
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. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
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
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª 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
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
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
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª 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
Profª Drª 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
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 Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl 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
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
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
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª 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
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª 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
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miraniide Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª 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
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª 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
Profª 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. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª 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. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
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
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
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/UFGA
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 Fenomenología & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lúvia 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
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª 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
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª 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
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª 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

Inteligência computacional: coletânea de estudos de casos

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Natália Sandrini de Azevedo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Jefferson Gustavo Martins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569 Inteligência computacional: coletânea de estudos de casos /
Organizador Jefferson Gustavo Martins. – Ponta Grossa
- PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-092-3

DOI 10.22533/at.ed.923210521

1. Inteligência Computacional. 2. Inteligência Artificial.
3. Aprendizagem de Máquinas. 4. Reconhecimento de
Padrões. 5. Visão Computacional. I. Martins, Jefferson
Gustavo (Organizador). II. Título.

CDD 006.37

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.

DEDICATÓRIA

À
Tatiany Mottin Dartora
e
Laura Dartora Martins

PREFÁCIO

Os termos Inteligência Computacional, Inteligência Artificial, Aprendizagem de Máquinas, Reconhecimento de Padrões, Visão Computacional, além de outros, são geralmente utilizados como sinônimos. Embora existam diferenças em suas definições ou ênfases, estas não são o foco deste livro ou deste prefácio. O conjunto de trabalhos que compõem este livro utiliza alguns dos termos citados, sendo que no presente texto optamos pelo termo Inteligência Computacional, o qual também faz parte do título da coletânea.

Os termos anteriores muitas vezes nos remetem aos filmes de ficção científica. Em seus enredos, máquinas substituem seres humanos ou há batalhas em que ambos lutam entre si na tentativa de garantir uma dominância de uma parte em relação à outra ou simplesmente a própria sobrevivência. À medida que os estudos avançam e novas perspectivas surgem, algumas especulações como as que acabamos de citar são descartadas.

Neste livro apresentamos alguns estudos desenvolvidos em colaboração com docentes, técnicos e discentes da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Câmpus Toledo. Tais estudos estão relacionados a atividades de pesquisa decorrentes do desenvolvimento de trabalhos de conclusão de curso e iniciação científica. Eles compreendem três contextos de aplicação da Inteligência Computacional como área interdisciplinar que auxilia ou substitui o especialista humano na execução de suas tarefas.

O primeiro eixo é formado por artigos que trabalham com a identificação da composição de concretos, enquanto o segundo contempla artigos com foco na morfologia da corrosão em armaduras. Ambos os eixos estão relacionados a problemas inerentes à Engenharia Civil, mas cada um dos estudos utiliza abordagens e ferramentas distintas. Finalizando o livro, o terceiro eixo tem foco na área de saúde, mais especificamente no diagnóstico de câncer de mama usando imagens.

Este livro se destina a docentes, técnicos e discentes que tenham interesse na área de Inteligência Computacional. Modestamente, este serve como introdução a esta área de conhecimento e a algumas ferramentas atualmente disponíveis, mas também apresenta alguns apontamentos para trabalhos futuros e necessidades relacionados aos problemas abordados e aos ferramentas utilizados ou que podem servir como alternativa.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

IDENTIFICAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DE CONCRETO POR MEIO DE RECONHECIMENTO DE PADRÕES

Jefferson Gustavo Martins
Alessandra Iolanda Pacheco dos Santos
Eduarda Simonis Gavião
Sara Rico Bocato Marin
Marcos Vinícius Schlichting
Wilson Leobet
Fabio Alexandre Spanhol

DOI 10.22533/at.ed.9232105211

CAPÍTULO 2..... 12

IDENTIFICAÇÃO DE TRAÇOS DE CONCRETO POR MEIO DE DESCRITORES BASEADOS EM PONTOS DE ATENÇÃO

Jefferson Gustavo Martins
Alessandra Iolanda Pacheco dos Santos
Eduarda Simonis Gavião
Sara Rico Bocato Marin
Marcos Vinícius Schlichting
Wilson Leobet
Fabio Alexandre Spanhol

DOI 10.22533/at.ed.9232105212

CAPÍTULO 3..... 25

IDENTIFICAÇÃO DE DETERIORAÇÃO DE BARRAS DE AÇO POR MEIO DE IMAGENS DO RECOBRIMENTO DE CONCRETO

Jefferson Gustavo Martins
Alessandra Iolanda Pacheco dos Santos
Eduarda Simonis Gavião
Guilherme Dias Almanza
Kelly Chapla
Marcos Vinícius Schlichting
Wilson Leobet
Fabio Alexandre Spanhol

DOI 10.22533/at.ed.9232105213

CAPÍTULO 4..... 40

VISÃO COMPUTACIONAL APLICADA NA IDENTIFICAÇÃO DOS NÍVEIS DE DETERIORAÇÃO DE BARRAS DE AÇO POR MEIO DE IMAGENS

Jefferson Gustavo Martins
Alessandra Iolanda Pacheco dos Santos
Eduarda Simonis Gavião
Guilherme Dias Almanza

Kelly Chapla
Marcos Vinícius Schlichting
Wilson Leobet
Fabio Alexandre Spanhol

DOI 10.22533/at.ed.9232105214

CAPÍTULO 5..... 52

**CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS HISTOPATOLÓGICAS DE CÂNCER DE MAMA USANDO
PEQUENAS SUBIMAGENS SELECIONADAS**

Fabio Alexandre Spanhol
Jefferson Gustavo Martins
Henrique Frederico Trentini
Gabriel Fernando Ferrazoli

DOI 10.22533/at.ed.9232105215

SOBRE O ORGANIZADOR..... 61

CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS HISTOPATOLÓGICAS DE CÂNCER DE MAMA USANDO PEQUENAS SUBIMAGENS SELECIONADAS

Data de aceite: 01/03/2021

Fabio Alexandre Spanhol

Universidade Tecnológica Federal do Paraná -
UTFPR
Toledo - PR
<http://lattes.cnpq.br/4381300863323095>

Jefferson Gustavo Martins

Universidade Tecnológica Federal do Paraná -
UTFPR
Toledo - PR
<http://lattes.cnpq.br/2102993901875277>

Henrique Frederico Trentini

Universidade Tecnológica Federal do Paraná -
UTFPR
Toledo - PR
<http://lattes.cnpq.br/5157100268968776>

Gabriel Fernando Ferrazoli

Universidade Tecnológica Federal do Paraná -
UTFPR
Toledo - PR
<http://lattes.cnpq.br/7464970630930721>

RESUMO: Neste trabalho foram realizados experimentos com a base de imagens BreakHis aplicando uma rede neural convolucional (CNN) para classificar imagens histopatológicas em tumores benignos ou malignos (câncer). Evitando a necessidade de executar uma segmentação explícita das imagens, este método é baseado na extração de várias pequenas subimagens (patches) aleatórias para treinamento e na combinação dessas subimagens para reconhecimento. Visando aumentar o desempenho do modelo classificador foi proposta uma abordagem consistindo em

previamente selecionar subimagens que sejam mais representativas de cada classe, permitindo assim discriminar melhor entre padrões malignos e benignos. Os resultados alcançados pela abordagem de filtragem pré-treinamento da CNN mostraram um ganho na acurácia para os dois maiores fatores de aumento disponíveis no conjunto de imagens, 200x e 400x.

PALAVRAS-CHAVE: Câncer de mama. Imagem histopatológica. Reconhecimento de padrões. Rede neural convolucional.

BREAST CANCER HISTOPATHOLOGICAL IMAGE CLASSIFICATION USING SELECTED SMALL PATCHES

ABSTRACT: In this work, it was conducted experiments on the BreakHis dataset using a convolutional neural network (CNN) to classify histopathological images into benign tumors or malign tumors (cancer). Avoiding the necessity of performing an explicit segmentation of the images, this method is based on the extraction of several small random subimages (patches) for training, and the combination of these subimages for recognition. In order to increase the performance of the classifier model, an approach was proposed consisting of previously selecting sub-images that are more representative of each class, thus letting better discrimination between malignant and benign patterns. The results achieved by CNN's pre-training filtering approach showed a gain in accuracy for the two highest magnification factors available in the set of images, 200x and 400x.

KEYWORDS: Breast cancer. Histopathologic image. Pattern recognition. Convolutional neural network.

1 | INTRODUÇÃO

Apesar dos notáveis avanços em seu diagnóstico e tratamento, o câncer continua constituindo um massivo problema de saúde pública em todo mundo. Fatores como o envelhecimento populacional e a adoção de hábitos não saudáveis — antes restritos aos países industrializados — estão contribuindo para o avanço da incidência dessa doença. Somente na última década, houve um crescimento de 20% nos casos de câncer no mundo, segundo o *World Cancer Research Fund* (WCRF, 2020) e até 2030 projeta-se 27 milhões de novos casos de câncer (Boyle; Levin, 2008). Considerados todos os tipos, o câncer é a segunda causa mais comum de mortes em países desenvolvidos e recentemente está tomando o lugar das doenças cardíacas como a principal causa de morte nos países ocidentais (KUMAR *et al.*, 2013). Dados da *International Agency for Research on Cancer* (IARC), da Organização Mundial de Saúde (OMS), confirmam um número global de 9,5 milhões de mortes por câncer em 2018 (BRAY *et al.*, 2018). Além disso, a OMS também projeta 16 milhões de mortes por câncer de 2018 até 2040, sendo os países em desenvolvimento os mais atingidos (BRAY *et al.*, 2018).

No Brasil, o câncer também é um problema de saúde extremamente preocupante. Estimativas do Ministério da Saúde (MS) e do Instituto Nacional do Câncer José Alencar Gomes da Silva (INCA) apontam que 625 mil novos casos de câncer diagnosticados para o triênio 2020-2022 (INCA, 2020). Destes, a maior incidência está nos cânceres de pele (177 mil casos), de próstata (66 mil), de mama (66 mil), cólon e reto (41 mil), pulmão (30 mil) e estômago (21 mil) (INCA, 2020). Dentre todos os tipos de câncer, excluindo o câncer de pele, o câncer de mama é o segundo mais comum entre as mulheres (BRAY *et al.*, 2018). Embora o câncer de mama ainda seja mais prevalente nas regiões mais desenvolvidas, a mortalidade é relativamente maior nos países menos desenvolvidos devido a dificuldade de diagnóstico precoce e restrições enfrentadas pelas mulheres no acesso aos avanços clínicos de combate à doença.

A detecção e o diagnóstico do câncer de mama podem ser feitos através de métodos não invasivos e biópsia. Métodos não invasivos são basicamente procedimentos de imagem: mamografia (raios-x), imagem por ressonância magnética (MRI) das mamas, ultrassom (sonografia) e termografia. Apesar do uso de técnicas de imagem para diagnóstico do câncer estar difundido, a biópsia é único meio de informar, com segurança, se o câncer está realmente presente. Dentre as técnicas de biópsia, destacam-se procedimentos como aspiração por agulha fina (FNA), biópsia de agulha grossa (CNB), biópsia mamária assistida à vácuo (VABB) e biópsia cirúrgica (SOB) (KUMAR *et al.*, 2013). Os procedimentos de biópsia coletam amostras de células ou tecido. Tais amostras devem ser fixadas em uma lâmina para microscopia para a subsequente coloração e análise microscópica das chamadas imagens histopatológicas. Os médicos patologistas usam os benefícios de uma ampla variedade de corantes para obter informações úteis sobre as lesões e a composição dos tecidos. Na Figura 1 é mostrada a imagem de um tumor mamário maligno (câncer) visto sob o microscópio. Nota-se as estruturas celulares evidenciadas pela hematoxilina e eosina (HE), uma combinação de corantes usada “rotineiramente” em amostras de tecido para revelar as estruturas subjacentes e sua condição (HERRINGTON, 2014). Em resumo, o diagnóstico a partir de imagens histopatológicas permanece sendo o “padrão-ouro” para

diagnosticar a maioria dos tipos de câncer, incluindo o câncer de mama (RUBIN *et al.*, 2012).

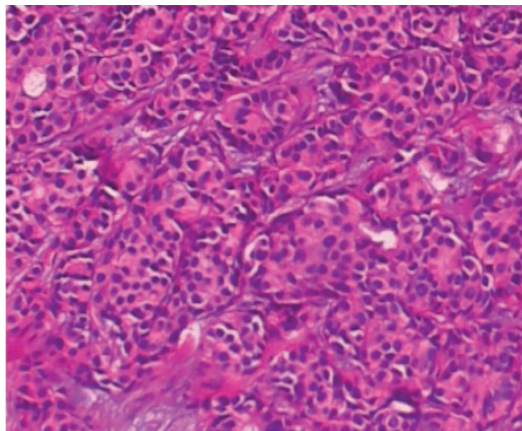


Figura 1: Detalhe de uma seção de carcinoma ductal corada com HE (aumento de 100x).

Fonte: SPANHOL (2018).

Apesar da relevância, a análise patológica ainda é bastante manual e subjetiva, dependente do especialista humano. Dado o crescente volume de casos a serem avaliados, principalmente de câncer, almeja-se que sistemas automatizados possam auxiliar o patologista na tarefa de classificação dessas doenças em menor tempo e com maior acurácia no diagnóstico. Neste contexto, considerando o impacto do câncer na saúde pública, especialmente o câncer de mama pela incidência e letalidade na população feminina, somado a urgência de prover ferramentas de suporte ao patologista, propomos um modelo de classificador que possa identificar o câncer de mama através da análise de imagens digitalizadas de lâminas histopatológicas apoiando a decisão do profissional médico.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Infelizmente, há uma falta de bancos de imagens histopatológicas, públicos e abrangentes, destinados a pesquisa em sistemas de diagnóstico assistido por computador CAD/CADx. A revisão de (VETA *et al.*, 2014) destacou que o maior obstáculo no desenvolvimento de novos métodos de análise de imagens histopatológicas é a falta de grandes bases de dados públicas rotuladas por especialistas. Bases rotuladas também são essenciais para desenvolver e validar sistemas de aprendizado de máquina.

2.1 Base de Imagens BreKHis

Para ajudar a mitigar a escassez de bases de dados públicas de imagens histopatológicas destinadas à pesquisa, em (SPANHOL *et al.*, 2016) foi disponibilizada uma nova base de imagens chamada BreKHis, a qual é composta de imagens microscópicas de lâminas de tumores mamários. As imagens do conjunto estão divididas em tumores

malignos e benignos, coletadas usando quatro diferentes fatores de aumento: 40X, 100X, 200X e 400X. Uma imagem representativa de cada fator de aumento pode ser vista na Figura 2. São mostradas áreas distintas, pertencentes a uma mesma lâmina de um tumor mamário maligno (corado com HE), capturadas em diferentes fatores de aumento: (a) 40X, (b) 100X, (c) 200X e (d) 400X.

Tal base de dados foi construída em colaboração com o laboratório P&D¹ – Anatomia Patológica e Citopatologia, Cascavel, Paraná, Brasil. A base BreakHis é licenciada sob licença *Creative Commons* 4.0 e está disponível no repositório do Laboratório de Visão Robótica e Imagem (VRI)² da Universidade Federal do Paraná (UFPR), através de requisição, para propósito de pesquisa. Atualmente conta com mais de 1200 usuários registrados pelo mundo e mais de 400 citações em publicações acadêmicas indexadas. A base BreakHis foi utilizada nos experimentos reportados neste trabalho.

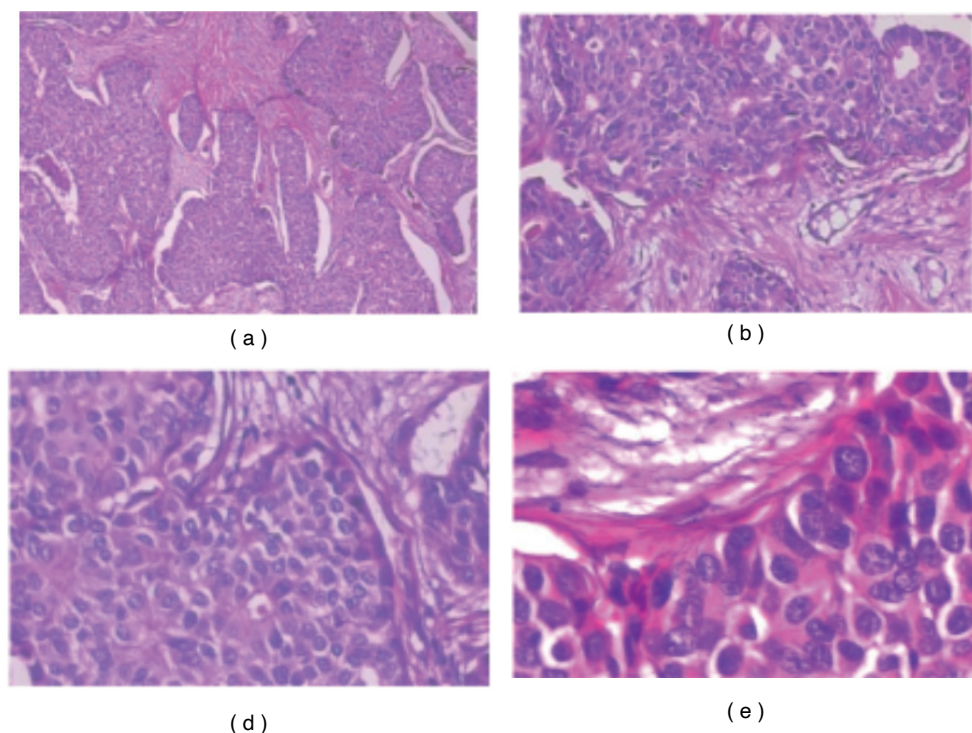


Figura 2: Exemplos de imagens da base BreakHis: (a) 40x; (b) 100x; (c) 200x; (d) 400x.

Fonte: SPANHOL (2018).

2.2 Abordagem de Aprendizado Profundo

Normalmente, na rotina clínica, somente pequenas regiões de interesse em uma imagem histopatológica são efetivamente utilizadas pelos patologistas para classificar uma imagem como tumor maligno (câncer) ou tumor benigno (não-canceroso). Porém, considerando as imagens da base BreakHis, tais regiões não estão segmentadas ou

1. <https://www.prevencaoediagnose.com.br/>

2. <https://web.inf.ufpr.br/vri/databases/breast-cancer-histopathological-database-breakhis/>

rotuladas, isto é, a exata localização da região de interesse útil para o diagnóstico não é previamente conhecida. Visando evitar a segmentação explícita uma primeira abordagem baseada em aprendizado profundo (*deep learning*) para a base BreaKHis foi originalmente publicada em (SPANHOL *et al.*, 2016b). Em tal trabalho os autores apresentaram os resultados alcançados usando uma CNN (*Convolutional Neural Network*) treinada diretamente com as imagens histopatológicas da BreaKHis, considerando os 4 aumentos e 5 distribuições diferentes de pacientes (partições) nos conjuntos de treinamento e teste.

2.3 Classificação usando Subimagens (*Patches*)

Dado que CNNs exigem grandes conjunto de dados para treinamento, os autores utilizaram a técnica de extrair pequenas subimagens (*patches*) das imagens originais, tanto nas fases de treinamento quanto de teste (SPANHOL *et al.*, 2016b). A ideia é aumentar o conjunto de instâncias disponíveis para treinamento extraindo de cada imagem original do conjunto de treinamento um grande número de *patches* selecionados de posições randômicas. Foram extraídos 1000 *patches* de 64×64 pixels cada. Na fase de testes os *patches* extraídos das imagens originais do conjunto de teste são classificados individualmente e então o resultado é combinado para classificar a imagem original como sendo tumor maligno (câncer) ou benigno.

Entretanto, os padrões de alguns *patches* é muito similar, independente se a imagem original provém de um tumor maligno ou benigno. Exemplos de tais padrões podem ser vistos na Figura 3: em (a) *patches* de áreas de fundo e (b) *patches* de tecido adiposo. Essa intersecção pode ser parcialmente explicada pela presença natural de certos tipos de tecido (como tecido adiposo, tecido rico em colágeno, tecido conectivo, etc.) em muitas das amostras histopatológicas de mama.

Além disso, um significativo número de *patches* extraídos apresenta texturas quase planas, normalmente correspondendo a áreas de formação de líquido, à cavidade central de estruturas tubulares ou mesmo a espaços no tecido (fundo). Um exemplo desse tipo de *patch* pode ser visto na Figura 4. Definitivamente os *patches* contendo apenas tal tipo de padrão plano não são representativos para distinguir entre tumores malignos e benignos. Assim, a proposta é descartar os *patches* que apresentem padrões comuns a ambas as classes. Para tanto, foi aplicada uma técnica de agrupamento (*clustering*) em tais *patches* visando separá-los em três grupos: puramente maligno, puramente benigno e misto. Logo, apenas os grupos puros são considerados como entrada de treinamento para a CNN. Espera-se que usando *patches* mais discriminativos melhore-se a taxa de reconhecimento do modelo de classificação.

2.4 Extração de Características DeCAF

Na extração de características, usando os *patches* já obtidos, é aplicada uma CNN pré-treinada para obter características DeCAF (*Deep Convolutional Activation Feature*) a partir da camada ip1 dessa CNN. Essa camada é uma camada *InnerProduct* (também conhecida como camada totalmente conectada) que trata a imagem de entrada como um vetor e gera como saída também um vetor. Neste modelo tem-se um vetor v_i de 64 dimensões que é salvo em V .

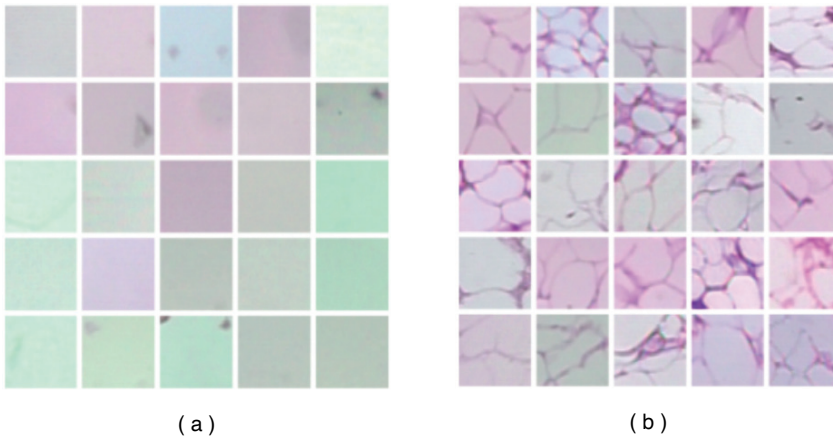


Figura 3: Exemplos de padrões recorrentes: (a) área de fundo; (b) tecido adiposo.

Fonte: SPANHOL (2018).

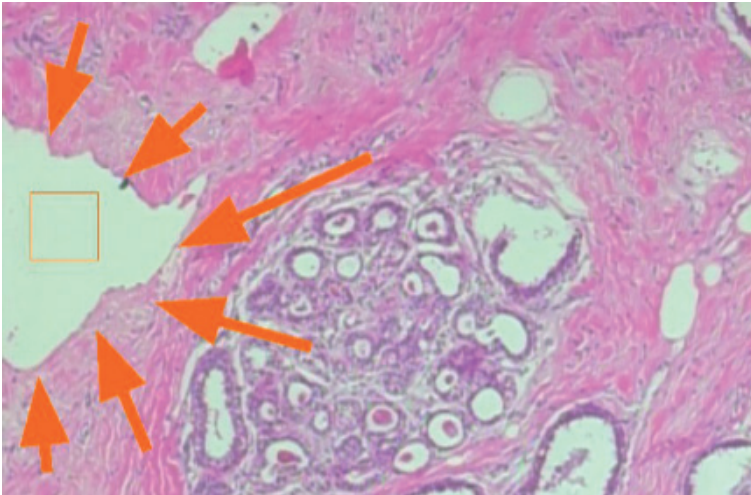


Figura 4: Retângulo mostrando uma subimagem (*patch*) selecionada de uma área de imagem que apresenta textura completamente plana.

Fonte: SPANHOL (2018).

2.5 Agrupamento de *Patches*

Uma vez extraída a representação a partir da camada *ip1*, aplicou-se um algoritmo de agrupamento *k-means* para criar $k = 50$ agrupamentos no conjunto de dados de entrada. Foram avaliadas variações do número de agrupamentos k tal que $k \in \{10, 20, 50\}$. Analisando a distribuição dos *patches* nos respectivos *clusters* foi escolhido o valor de $k = 50$ para manter os agrupamentos menos densos. Foi executado um agrupamento particionado, isto é, a divisão do conjunto de instâncias de entrada (vetores de características) em subconjuntos não sobrepostos (agrupamentos). Espera-se dividir os *patches* em grupos distintos, baseando-se nas propriedades de coerência e similaridade aprendidos automaticamente pela CNN utilizada como extratora de características DeCAF.

2.6 Filtragem

Este passo objetiva avaliar cada *cluster* (agrupamento) e descartar aqueles que eventualmente possuam padrões mistos. Assim, usando os vetores em V , cria-se os *clusters* C e avalia-se a taxa de pureza p^c para cada *cluster*, descartando os *clusters* que apresentem pureza inferior a um limiar fixado. A taxa de pureza p^c é computada pela Eq. (1). Aqui o termo pureza representa a qualidade de um *cluster* possuir majoritariamente *patches* provindos apenas de uma determinada classe, isto é, minimize a ocorrência de padrões que sejam recorrentes em ambas as classes.

$$p^{C_q} = \max \left(\frac{|L_1|}{N_P}, \dots, \frac{|L_m|}{N_P} \right) \quad (1)$$

tal que, $\forall b, L_b \in C_q$

Tem-se na equação (1) que $1 \leq q \leq k$, e $L_b \in C_q$ representa os *patches* de L_b no *cluster* C_q . Dado um limiar λ , é descartado o *cluster* C_q se $p^{C_q} < \lambda$. Finalmente, para cada *cluster* remanescente, é atribuído o rótulo do *cluster* aos respectivos *patches*. Tais *patches*, presumidamente contendo padrões mais representativos, são usados como entrada para treinar a CNN. Foram avaliados diferentes valores da taxa de pureza considerando valores distintos para o limiar λ . Notou-se que assumindo taxas muito altas ($\lambda \geq 0,99$) causava-se a eliminação completa dos *patches* de certos conjuntos. Assim, foi fixado um limiar $\lambda = 0,9$ que produziu resultados de classificação satisfatórios.

2.7 Treinamento da CNN

Finalizada a filtragem, os *patches* menos discriminativos foram descartados e um conjunto de instâncias menor é obtido para treinar a CNN. Esse modelo foi treinado usando os *patches* filtrados como entrada. O protocolo de treinamento é o supervisionado e aplicou-se o método SGD (*Stochastic Gradient Descent*) para computar os gradientes. Mini-lotes de tamanho 1 foram usados para atualizar os parâmetros da CNN, treinada por 80.000 iterações, iniciando com uma taxa de aprendizado de 10^{-6} em conjunção com um termo *momentum* de 0,9 e um decaimento de peso 4^{-5} .

2.8 Métricas de Avaliação

Para permitir uma comparação direta dos resultados deste trabalho principalmente foi avaliada a acurácia em cada fator de aumento (*zoom*) de forma independente, tanto na métrica nível de imagem quanto em nível de paciente. A acurácia em nível de imagem corresponde ao escore do total de imagens corretamente classificadas. Isto é mostrado na Eq. (2), onde N é o número total de imagens no conjunto de dados e N_c é o total de imagens corretamente classificadas:

$$Ac_{im} = \frac{N_c}{N} \quad (2)$$

Já a acurácia em nível de paciente corresponde a média da acurácia em nível de imagem por paciente. Mais formalmente, fazendo S o número total de pacientes, N_c o

total de imagens classificadas corretamente do paciente ϕ e N_ϕ o total de imagens para o mesmo paciente tem-se a Eq. (3).

$$Ac_{pac} = \frac{\sum_{\phi=1}^S \frac{N_c^\phi}{N_\phi}}{S} \quad (3)$$

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desde a disponibilização pública da base BreakHis alguns métodos de classificação que utilizam tal conjunto de imagens foram propostos na literatura. Logo, considerando a base BreakHis um *benchmark* e os resultados alcançados com descritores convencionais publicados em (SPANHOL *et al.*, 2016) uma linha base (A), podemos comparar o método de CNN sem filtragem (B e B*) (SPANHOL *et al.*, 2016b) com o método de filtragem de *patches* significativos aqui apresentado (C). A arquitetura da CNN é a mesma.

O Quadro 1 compara a acurácia do método de descarte de *patches* proposto neste trabalho com as outras abordagens usando as mesmas 5 partições de treinamento-teste da linha base. A acurácia percentual é a média das 5 partições. Os melhores resultados estão em negrito com fundo cinza. A abordagem B* indica uma combinação de classificadores.

Nota-se que o método de filtragem não conseguiu um desempenho superior em todos os fatores de aumento, mas sim nos dois maiores (200x e 400x) quando comparado com CNN que utiliza os *patches* sem filtragem. Por outro lado, o método proposto tem um desempenho melhor em todos os fatores de aumento quando comparado a linha base.

| Abordagem 40x | Fator de aumento | | | | |
|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 100x | 200x | 400x | | |
| paciente | A | 83,8 ± 4,1 | 82,1 ± 4,9 | 85,1 ± 3,1 | 82,3 ± 3,8 |
| | B | 88,6 ± 5,6 | 84,5 ± 2,4 | 85,3 ± 3,8 | 81,7 ± 4,9 |
| | B* | 90,0 ± 6,7 | 88,4 ± 4,8 | 84,6 ± 4,2 | 86,1 ± 6,2 |
| | C | 86,4 ± 5,7 | 83,6 ± 5,8 | 92,1 ± 7,3 | 85,0 ± 4,7 |
| imagem | A | 82,8 ± 3,6 | 80,7 ± 4,9 | 84,2 ± 1,6 | 81,2 ± 3,6 |
| | B | 89,6 ± 6,5 | 85,0 ± 4,8 | 84,0 ± 3,2 | 80,8 ± 3,1 |
| | B* | 85,6 ± 4,8 | 83,5 ± 3,9 | 83,1 ± 1,9 | 80,8 ± 3,0 |
| | C | 85,3 ± 3,3 | 82,5 ± 3,0 | 87,8 ± 4,9 | 82,1 ± 3,4 |

Quadro 1: Acurácia (%) comparada com trabalhos disponíveis na literatura.

Fonte: Autoria própria (2020).

Predições falso positivas, isto é, instâncias de tumor benigno classificadas incorretamente como tumor maligno continuam sendo a maior fonte de erros do modelo.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A técnica de descartar *patches* não discriminativos mostrou-se promissora, com resultados que melhoram o desempenho da CNN na tarefa de classificação de imagens da base BreakHis em tumores malignos ou benignos. Contudo, novos experimentos precisam ser realizados para melhorar o desempenho nos aumentos menores (40X e 100X).

Adicionalmente, além de melhorar a acurácia geral do modelo utilizado para a tomada de decisão clínica pesquisas devem também focar na extração das características da imagem que realmente são significativas para classificação de câncer, permitindo rastrear quais parâmetros levaram o modelo a determinada classificação final. Tais características podem fornecer *insights* inovadores acerca de determinadas áreas específicas que devem ser examinadas pelos especialistas médicos.

REFERÊNCIAS

Boyle, P.; Levin, B. (eds.). **World Cancer Report 2008**. Lyon: IARC, 2008. URL : Disponível em: http://www.iarc.fr/en/publications/pdfs-online/wcr/2008/wcr_2008.pdf. Acesso em: 02 jun/2020.

Bray, F.; FERLAY, J.; Soerjomataram, I.; Siegel, RL; Torre, LA; Jemal, A. **Global Cancer Statistics 2018: GLOBOCAN**. Disponível em: <http://gco.iarc.fr>. Acesso em: 02 jun/2020.

Herrington, C. S. (ed.). **Muir's Textbook of Pathology**. 5 ed. Boca Raton: CRC Press, 2014.

Instituto Nacional de Câncer José de Alencar Gomes da Silva (INCA), Ministério da Saúde (MS), Secretaria de Atenção à Saúde (SAS) (2020). **Estimativa 2020– Incidência de Câncer no Brasil**. Rel. téc. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/estimativa>. Acesso em: 21 jul/2020.

KUMAR, V.; ABBAS, A. K.; ASTER, J. C. (eds). (2013). **Robbins Basic Pathology**. 9 ed. Philadelphia: Elsevier, 2013.

RUBIN, R.; STRAYER, D. S.; RUBIN, E. (eds.). **Rubin's Pathology Clinicopathologic Foundations of Medicine**. 6 ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2012.

SPANHOL, F.; OLIVEIRA, L. S.; PETITJEAN, C. HEUTTE, L. **A Dataset for Breast Cancer Histopathological Image Classification**. IEEE Transactions on Biomedical Engineering (TBME), 63 (7), pp. 1455–1462, 2016

SPANHOL, F.; OLIVEIRA, L. S.; PETITJEAN, C. HEUTTE, L. **Breast cancer histopathological image classification using Convolutional Neural Networks**. In: 2016 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN). Vancouver: IEEE, 2016b.

SPANHOL, Fabio Alexadre. **Automatic breast cancer classification from histopathological images: a hybrid approach**. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2018. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1884/57312>. Acesso em: 22 jul. 2020.

VETA, M.; PLUIM, J. P. W.; DIEST, P. J.; Viergever, Max A. **Breast cancer histopathology image analysis: a review**. IEEE Transactions On Biomedical Engineering (TBME), 61 (5), pp. 1400–1411, 2014.

World Cancer Research Fund (WCRF). **Worldwide Cancer Data**. Disponível em: <https://www.wcrf.org/dietandcancer/cancer-trends/worldwide-cancer-data>. Acesso em: 02 jun/2020.

SOBRE O ORGANIZADOR

JEFFERSON GUSTAVO MARTINS - Bacharel em Informática pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), com conclusão em 1999, e Licenciado em Informática pelo Programa Especial de Formação Pedagógica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), com conclusão em 2009. Em 2002, concluiu o mestrado em Engenharia de Produção, Área de Concentração em “Inteligência Aplicada”, pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), realizou doutorado e estágio pós-doutoral, ambos pelo Programa de Pós-Graduação em Informática e concluídos em 2014 e 2019, respectivamente. Desde 2003 é professor da UTFPR, tendo sido aprovado à classe Titular em 2019. Como tal compõe diferentes órgãos colegiados; é responsável pela Divisão de Propriedade Intelectual (DIPIN-TD) e pelo Núcleo de Inovação (NIT) do Câmpus Toledo; já desempenhou funções administrativas como coordenação e vice-coordenação de cursos de graduação e pós-graduação (dentre outros), sendo atualmente vice-coordenador do Programa de Mestrado em Tecnologias em Biociências (PPGBio, UTFPR-TD). Possui experiência na área de Aprendizagem de Máquinas / Reconhecimento de Padrões e Processamento de Imagens, com publicações e trabalhos de revisão em periódicos e conferências nacionais e internacionais. E-mail: martins@utfpr.edu.br.

INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL:

Coletânea de Estudos de Casos



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



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



www.facebook.com/atenaeditora.com.br

INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL:

Coletânea de Estudos de Casos

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br