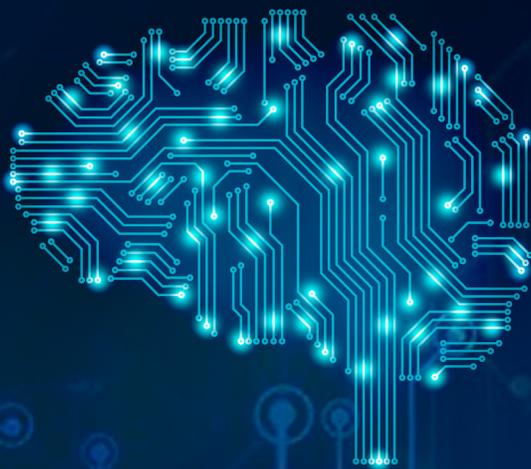


# INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL:

Coletânea de Estudos de Casos

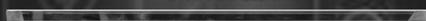


**Jefferson Gustavo Martins**  
(Organizador)

**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 Cremona

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. Eloi 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](http://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**

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

Data de aceite: 01/03/2021

### **Jefferson Gustavo Martins**

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

### **Alessandra Iolanda Pacheco dos Santos**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná -  
UTFPR  
Toledo - PR  
<http://lattes.cnpq.br/7255176749334236>

### **Eduarda Simonis Gavião**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná -  
UTFPR  
Toledo - PR  
<http://lattes.cnpq.br/7977085762352521>

### **Sara Rico Bocato Marin**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná -  
UTFPR  
Toledo - PR  
<http://lattes.cnpq.br/9318173807574063>

### **Marcos Vinícius Schlichting**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná -  
UTFPR  
Toledo - PR  
<http://lattes.cnpq.br/1152652374544629>

### **Wilson Leobet**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná -  
UTFPR  
Toledo - PR  
<http://lattes.cnpq.br/2563896946139465>

### **Fabio Alexandre Spanhol**

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

**RESUMO:** Edificações são amplamente dependentes da combinação de estruturas de concreto e aço. A composição do concreto, também chamado traço, é um fator de grande importância, sendo que os principais elementos são cimento, areia, brita e água. Tanto a proporção quanto a origem destes materiais exercem influência nas características finais do traço, dentre as quais tem-se resistência, durabilidade e trabalhabilidade. Inserido neste contexto, o presente artigo avalia três descritores baseado em pontos de atenção para identificar diferentes composições de concreto. Os melhores resultados foram obtidos por meio do descritor SURF e atingiram 87,1% de acerto.

**PALAVRAS-CHAVE:** Construção civil. Defesa civil. Segurança pública. Automação.

### IDENTIFICATION OF CONCRETE TRACES THROUGH KEYPOINT-FEATURES-BASED DESCRIPTORS

**ABSTRACT:** Buildings are largely dependent on the combination of concrete and metal structures. The composition of concrete, also called dosage or trace, is a factor of great importance, and its main elements are cement, sand, gravel, and water. Both, proportion and the origin of these materials, have influence on the final characteristics of the traces, i.e., resistance, durability, and workability. In this context, this paper evaluates three keypoint-features-based descriptors to identify different concrete compositions. The best results were obtained by using the SURF descriptor and achieved 87,1% of correct classification.

**KEYWORDS:** Construction. Civil defense. Public security. Automation.

## 1 | INTRODUÇÃO

A composição do concreto, também chamado traço, é uma característica extremamente importante em qualquer obra e muda de acordo com a finalidade de aplicação: lajes, contrapisos, muros, fundações, calçadas, vigas etc. Tanto a proporção quanto a origem dos materiais exercem influência nas características finais do traço, dentre as quais tem-se resistência, durabilidade e trabalhabilidade. Dentre os materiais comumente utilizados, tem-se cimento, areia, brita e água, mas concretos com características especiais podem ser obtidos com o acréscimo de aditivos, isopor, pigmentos, fibras ou outros tipos de adições (ABNT, 2015; MALTA, 2012; MONTEIRO, 2010).

A quantidade de água deve ser suficiente para envolver os grãos e promover a hidratação do cimento, além de atender os requisitos da ABNT NBR 15900-1. Esta ativa a reação química que transforma o cimento em uma pasta aglomerante que criará um bloco único com a areia e a brita (agregados). Se em excesso, ter-se-á uma pasta mais porosa e melhores níveis trabalhabilidade. Porém, também piores níveis de resistência e aderência entre a pasta e o agregado devido à exsudação. A definição de tal proporção também envolve a identificação do teor de umidade dos agregados (ABNT, 2009; ABNT, 2015; MALTA, 2012; MONTEIRO, 2010).

Os agregados são adicionados à pasta de cimento e água para aumentar o volume final e torná-lo mais econômico. Suas propriedades têm influências da formação geológica local, visto que são extraídas de jazidas próximas às localidades de dosagem e edificação. O conhecimento das características individuais dos elementos, e também de sua combinação, é essencial para garantir certas características fundamentais ao concreto e a segurança da estrutura. Além disso, materiais com diferentes granularidades podem ser combinados dependendo da finalidade e produzem diferentes características texturais (ABNT, 2015; BAUER, 1994; MEHTA; MONTEIRO, 2008).

Além dos custos devido a degradação das estruturas, o risco em termos de colapsos estruturais merece atenção. Nos últimos anos, têm sido recorrentes os casos de colapsos de estruturas, dentre os quais tem-se o colapso parcial de um viaduto em Brasília no ano de 2018 (VIADUTO, 2018), a interdição do acesso à Rodovia Presidente Dutra em São Paulo no ano de 2019 (PREFEITURA, 2019) e o desabamento de prédios na comunidade de Muzema, na Zona Oeste do Rio, em 2019 (MAIA; GARCIA, 2019). Portanto, estudos pertinentes ferramentas que auxiliem a fiscalização e a prevenção destes acontecimentos são necessários com vistas a garantir estruturas mais seguras e duráveis e manutenções preventivas.

É importante destacar que as inspeções para avaliar a composição do concreto, e também se este mantém suas propriedades, são realizadas visualmente por especialistas humanos. Tais inspeções demandam altos níveis de experiência por ser um fator decisivo para uma correta avaliação. Dentre as possíveis ferramentas a serem empregadas, tem-se filmadoras, máquinas fotográficas, lupas e binóculos (ABNT, 2014; SCHVAICKARDT; MATTOS, 2018).

As imagens da Figura 1 foram obtidas a partir de dois diferentes traços (cimento : areia : brita : água), com as proporções (1 : 1,49 : 2,88 : 0,48) e (1 : 1,49 : 2,70 : 0,48). Nelas, pode-se nitidamente observar a variação na quantidade de britas entre os concretos

e o grau de dificuldade a ele inerente.

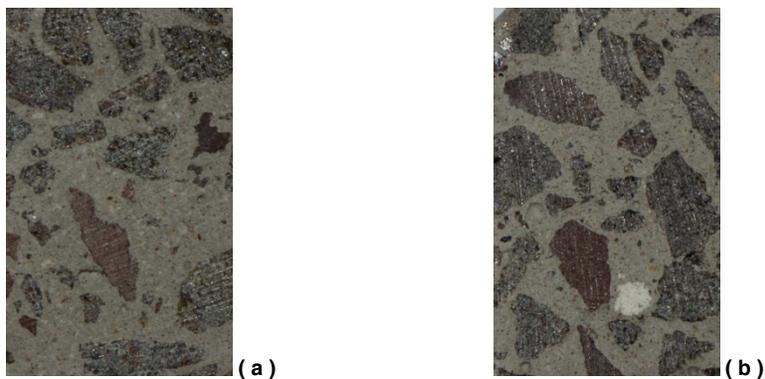


Figura 1: Composições de concreto (cimento : areia : brita : água): (a) 1 : 1,49 : 2,88 : 0,48;  
(b) 1 : 1,49 : 2,70 : 0,48.

Fonte: Autoria própria (2020).

Diante do exposto, este artigo apresenta uma proposta para auxiliar as inspeções realizadas para identificar a composição de traços de concreto. Tal solução propicia vantagens relativas à rapidez e precisão quando comparado à avaliação realizada por especialistas humanos. A redução de fatores físicos e subjetivos inerentes ao ser humano também reduzir o número de etapas executadas manualmente e sua influência nos resultados finais. Tal influência compreende questões como subjetividade do especialistas humanos e características do processo (repetitivo, monótono e demorado), além de requerer alto grau de concentração. Este conjunto de exigências sobrecarrega o profissional que realiza a inspeção e o leva a possíveis distrações e baixas taxas de acerto (CONNERS *et al.*, 1997; PHAM; ALCOCK, 1997; RADOVAN *et al.*, 2001).

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Sistemas computacionais com foco em reconhecimento de padrões contemplam as seguintes etapas: aquisição, pré-processamento, segmentação, extração de características e classificação. Cada etapa constitui um diferente contexto, possui diferentes níveis de complexidade e envolve conhecimentos específicos e próprios, além daqueles inerentes ao domínio da aplicação.

Diante da importância do tema, diversos trabalhos têm sido desenvolvidos, inclusive a partir da base de imagens aqui utilizada. Tal fato implica na execução das etapas apresentadas utilizando diferentes ferramentas, mas ainda considerando o foco de cada uma delas em sua essência.

Durante a aquisição, a imagem é capturada e armazenada utilizando sistemas de cores, resolução e quantização específicos. Nesta primeira etapa foi obtida a base de dados, ou seja, o conjunto de imagens, padrões e etc. Inicialmente foram preparados os corpos de prova de concreto sob a forma cilíndrica e com medidas de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura. Foram utilizadas 2 corpos de prova de concreto para cada um dos

diferentes traços analisados. Tal escolha é consequência do fato (e se adequa a ele) de que 2 (dois) corpos de prova são construídos com amostras de cada carga de concreto utilizada nas construções.

Os traços utilizados para a construção dos corpos de prova consideraram a proporção 1: 1,41: 2,01: 0,49 utilizando cimento do tipo Portland CPII, areia média, brita zero e água potável disponibilizada pela companhia de saneamento. Para avaliar a variação da granularidade do agregado brita, foi utilizada uma variação do traço padrão com a troca da brita zero pela brita um, gerando o traço 1: 1,49: 2,60: 0,49. Nesta variação de traço, tem-se um uso maior dos agregados (areia e brita) devido a um maior volume e superfície de cada unidade do agregado brita, sendo necessária menor quantidade de cimento para a construção de peças com um mesmo volume final (Figura 1).

Na sequência, foram realizados cortes transversais a cerca de 5 mm da base e outro 5 mm do topo do corpo de prova. Tais cortes estão ilustrados na Figura 2(a) e seu objetivo de ambos os cortes é eliminar a camada superficial e expor a caracterização da composição real do concreto, tal como apresenta a Figura 2(b). A partir disto, foram realizados outros 8 cortes transversais em cada corpo de prova de concreto. Considerando que as lâminas de corte têm aproximadamente 2 mm, sendo obtido um total de 9 amostras distintas para cada corpo de prova. Considerando as duas faces de cada amostra, chegou-se a um total de 18 imagens para cada corpo de prova. Ao todo, foram utilizadas 72 imagens para construção dos modelos de reconhecimento dos traços de concreto.

Devido à possibilidade de problemas decorrentes da aquisição, o pré-processamento foca a melhoria da qualidade da imagem. As imagens da Figura 2(b-c) apresentam o pré-processamento realizado, com a aplicação de operações para realçar as características importantes no processo de diferenciação das classes existentes no problema. Neste caso, basicamente toda a base de imagens foi convertido para escalas de cinza.

A próxima etapa compreende a segmentação, a qual busca separar apenas a região de interesse da imagem original e da qual depende o sucesso de um modelo de identificação ou de classificação. Nesta etapa, buscou-se por uma imagem que estivesse toda formada pela área de interesse, tal como ilustrado na Figura 2(f). As imagens da Figura 2(c-d) representam a aplicação da técnica de limiarização para destacar o objeto na imagem. Na sequência, aplicou-se o algoritmo de detecção de bordas Canny (BUENO, 2020) para ressaltar os contornos das bordas dos objetos e a função *findContours* da biblioteca OpenCV para identificar os objetos. Esta função retorna os contornos de todos os possíveis objetos presentes na imagem, seja do próprio traço de concreto, das britas ou de qualquer outra região com contraste em relação a seu entorno. A partir da identificação dos possíveis objetos, os pontos pertencentes ao maior contorno com a definição do traço de concreto foram selecionados. Após o cálculo do raio da circunferência, definiu-se e salvou-se o retângulo circunscrito na mesma, Figura 2(e), culminando na Figura 2(f).

A etapa de Extração de Características permite identificar uma abstração (descritor ou conjunto de características) adequada para a representação e a descrição das áreas de interesse, a qual é constituída por um vetor numérico de medidas. Nesta etapa foram utilizadas características extraídas de pontos de atenção. Os pontos de atenção são amplamente empregados na identificação de objetos em problemas relacionados no

rastreamento de objetos, principalmente no monitoramento de ambientes como aeroportos. As características extraídas dos pontos de atenção detectados possuem alto potencial devido aos padrões texturais decorrentes das composições dos traços de concreto (Figura 1).

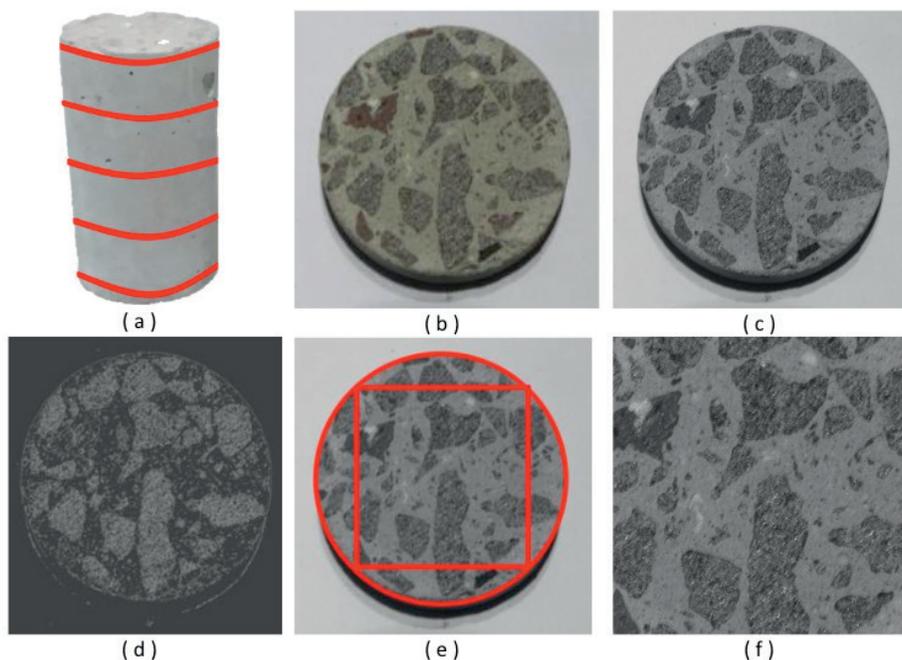


Figura 2: Ilustração do processo de reconhecimento de padrões: ( a ) corpo de prova de concreto; ( b ) corte do corpo de prova; ( c ) pré-processamento com conversão para níveis de cinza; ( d-e ) segmentação.

Fonte: Autoria própria (2020).

Foram utilizados os descritores Transformação de Características Invariantes à Escala (*Scale Invariant Feature Transform* - SIFT), Características Robustas Aceleradas (*Speed-Up Robust Feature* - SURF) e Regiões Extremas Maximamente Estáveis (*Maximally Stable Extremal Regions* - MSER), os quais são descritos nas seções seguintes. Devido à variação do número de regiões e pontos identificados em cada imagem, optou-se por utilizar momentos estatísticos para padronizar sua representação. Foram calculadas média, variância, obliquidade e curtose para cada coluna dos vetores gerados pelos descritores. Ao final, obteve-se quatro vetores de características para cada imagem, sendo um para cada momento estatístico anteriormente definido. Esta abordagem é comumente utilizada com filtros de Gabor (YANG; NEWSAM, 2008; ZHU *et al.*, 2008).

A classificação utiliza as representações anteriores para diferenciar os objetos nas imagens, atribuindo-lhes identificadores e significados de acordo com suas características e descritores (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008). Nesta etapa foi utilizado o algoritmo Máquinas de Vetores de Suporte (*Support Vector Machine* - SVM), por meio da implementação LibSVM 3.2 disponibilizada no endereço eletrônico <http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm/>. Dentre

as possibilidades disponibilizadas pela biblioteca, os melhores resultados foram obtidos com a função de base radial Gaussiana e uma busca gulosa para encontrar os melhores parâmetros  $C$  e  $\gamma$ . A normalização dos dados considerou a escala linear de cada atributo dos vetores de características no intervalo  $[-1,+1]$ .

Diferentes avaliações foram consideradas a partir dos vetores de características com os momentos estatísticos anteriormente descritos, além de uma avaliação utilizando apenas número de pontos de atenção identificados em cada imagem como característica. Para a definição dos conjuntos de treinamento e teste, dividiu-se a base de imagens em 3 partes (folds), os quais mantinham a representatividade das classes pertencentes ao problema em questão. Foi empregada validação cruzada com 3 execuções, sendo que em que execução, um parte era usada como conjunto de teste e as outras duas eram utilizadas como conjunto de treinamento. Os resultados finais são expressos pela acurácia média (acertos do classificador) e desvio padrão (dp) das taxas de classificações corretas das três execuções.

## 2.1 Transformação de Características Invariantes à Escala

SIFT foi proposto por Lowe (1999) com o objetivo de identificar regiões de interesse e extrair características que permitam a comparação de imagens de objetos ou cenas capturadas de diferentes perspectivas. A detecção dos pontos de interesse é realizada por um processo de filtragem em cascata tomando uma mesma imagem sob diferentes escalas. A cada iteração são tomadas novas amostras dos pixels da imagem, as quais são geradas pela interpolação bilinear dos pontos contidos numa vizinhança de raio 1,5 da escala imediatamente anterior. Este processo garante a estabilidade do descritor, pois tenta correlacionar uma região detectada em uma iteração com aquelas identificadas nas demais iterações. Além disso, os pontos identificados apresentam diferenças máximas e mínimas da função Gaussiana. Estas altas variações das regiões e escalas constituem as principais garantias para a estabilidade do descritor e para a invariância a translação, escala e rotação, além de invariância parcial a mudanças de iluminação e projeções 3D (LOWE, 1999, 2004).

Embora o descritor SIFT considere um conjunto de  $4 \times 4$  descritores computados em uma vizinhança  $16 \times 16$ , a Figura 3(b) mostra apenas  $2 \times 2$  descritores computados em uma vizinhança  $8 \times 8$  a partir da Figura 3(a), o que não prejudica o entendimento. Os gradientes da Figura 3(a) são ponderados pela Gaussiana e acumulados em um histograma de orientação que sumariza os conteúdos em  $4 \times 4$  sub-regiões, Figura 3(b), com o comprimento das arestas correspondendo à soma das magnitudes dos gradientes que pertencem àquela sub-região e que possuem a mesma direção (LOWE, 1999, 2004; VEDALDI e FULKERSON, 2008).

Considerando os histogramas das  $4 \times 4$  regiões e que cada um acumula a avaliação dos gradientes nas oito direções possíveis, cada ponto é representado por um vetor de características com 128 elementos. Além disso, geralmente são detectados centenas ou até milhares de pontos para cada imagem, todos potencialmente candidatos a compor o conjunto de suas características (LOWE, 1999, 2004; VEDALDI e FULKERSON, 2008).

Seguindo o padrão de representação SIFT, foram gerados vetores com 128 elementos

para cada ponto identificado em cada imagem. Posteriormente, estes foram sumarizados por meio dos vetores com as representações dos quatro momentos estatísticos. Maiores detalhes quanto ao descritor SIFT e a metodologia adotada para ele podem ser obtidos em Martins (2014).

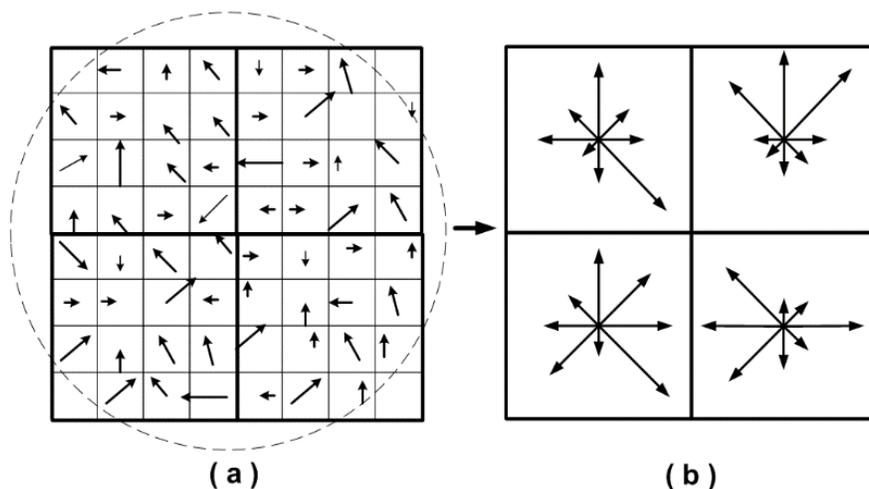


Figura 3: Descritor SIFT: (a) aplicação da máscara na imagem e obtenção dos gradientes para cada direção na região sobreposta; (b) acúmulo dos gradientes para cada sub-região para as oito direções.

Fonte: Martins (2014).

## 2.2 Características Robustas Aceleradas

Proposto por Bay *et al.* (2006), Características Robustas Aceleradas (*Speed-Up Robust Feature* - SURF) apresenta semelhanças ao SIFT e permite detecção e descrição de regiões de interesse. Porém, este reduz a alta dimensionalidade e custo computacional do descritor SIFT, pois possui a metade do número de elementos do SIFT e é baseado em matrizes Hessianas e no conceito de imagens integrais. O uso de determinantes de matrizes Hessianas garante robustez quanto a estruturas mal localizadas e alongadas, maior estabilidade se comparados a detectores de cantos de Harris, além de boa performance em termos de tempo computacional e taxas de acerto (BAY *et al.*, 2006, 2008).

O uso das imagens integrais reduz drasticamente o tempo de computação devido aos filtros de convolução baseados em caixas. Por definição, cada elemento  $(x,y)$  de uma imagem integral representa a soma de todos os pixels da imagem original contidos na região retangular situada entre a origem e suas coordenadas  $(x, y)$ . Diante disto, conforme ilustrado na Figura 4(a), o cálculo da soma dos pixels contidos em uma região qualquer requer apenas três operações de adição. Conseqüentemente, o tempo necessário para aplicar qualquer filtro à imagem permanece constante (independente de suas dimensões), todos os filtros são aplicados na imagem integral sem a necessidade de criar novas imagens por meio de interpolações, os componentes de alta frequência são preservados e poderão ser recuperados independentemente da escala corrente (BAY *et al.*, 2006, 2008).

Após identificar a região de interesse e sua orientação, conforme Figura 4(b), o

próximo passo consiste em calcular os valores do descritor. Para isso, conforme Figura 4(c), define-se uma região quadrada (8x8) centrada no ponto de interesse e alinhada com a orientação previamente identificada. Para cada um dos 64 elementos, obtém-se a resposta da wavelet de Haar nas direções x e y, denominadas respectivamente  $d_x$  e  $d_y$ . Para cada sub-região 2x2,  $d_x$ ,  $d_y$ ,  $|d_x|$  e  $|d_y|$  são acumuladas separadamente, gerando 16 conjuntos com as quatro características ( $\Sigma d_x$ ,  $\Sigma d_y$ ,  $\Sigma |d_x|$  e  $\Sigma |d_y|$ ), num total de 64 elementos. Ao final, como SIFT, geralmente são detectados centenas ou até milhares de pontos para a imagem. Todos estes pontos são invariantes à translação, escala e rotação, além de ser parcialmente invariante a mudanças de iluminação e projeções 3D e potencialmente candidatos a compor o conjunto de características que descreve a imagem (BAY *et al.*, 2006, 2008).

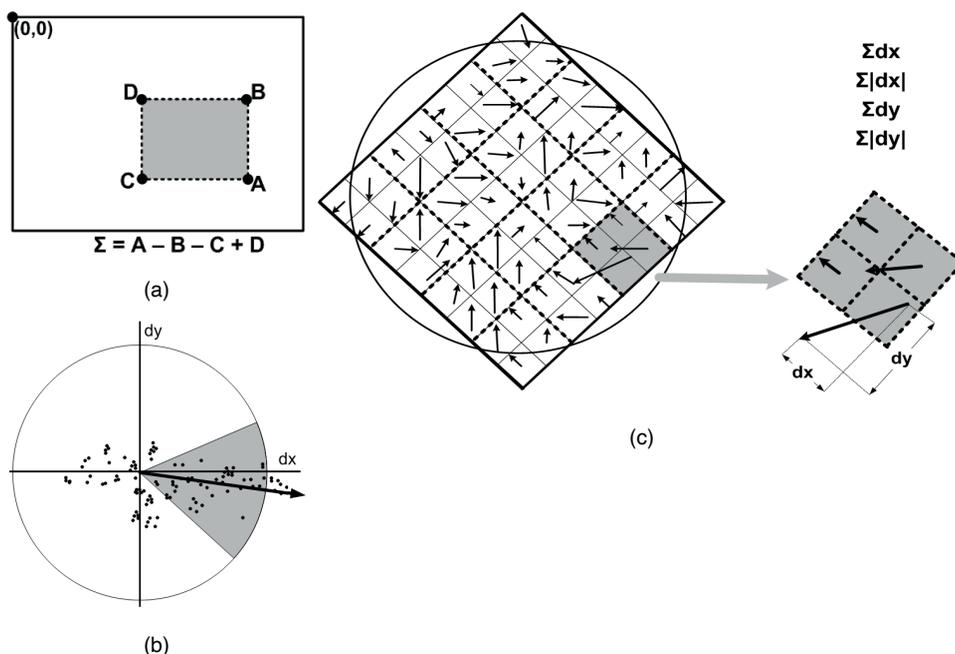


Figura 4: Processo de cálculo para o descritor SURF: (a) imagem integral; (b) janela deslizante de orientação com ângulo  $\pi/3$ ; (c) aplicação da máscara 8x8 alinhada com a orientação identificada e obtenção dos gradientes para cada direção na região sobreposta da imagem (esquerda), seguido do acúmulo dos gradientes para cada sub-região (direita).

Fonte: Autoria própria (2020).

Os autores também apresentaram a variante SURF-128, a qual duplica o número de características que compõem o vetor final. Esta variante acumula  $d_x$  e  $|d_x|$  separadamente para  $d_y < 0$  e  $d_y \geq 0$ , sendo o mesmo considerado para  $d_y$  e  $|d_y|$  de acordo com o sinal de  $d_x$ . Embora esta variação garanta descritores mais discriminantes, a maior dimensionalidade do vetor de características exige maiores recursos computacionais (BAY *et al.*, 2006, 2008).

Seguindo o padrão de representação SURF, foram gerados vetores com 64 e 128 elementos para cada ponto identificado em cada imagem. Posteriormente, estes foram sumarizados por meio dos vetores com as representações dos quatro momentos

estatísticos, gerando novos vetores com 64 ou 128 elementos. Maiores detalhes quanto ao descritor SURF e a metodologia adotada para ele podem ser obtidos em Martins (2014).

### 2.3 Regiões Extremas Maximamente Estáveis

Em 2002, Matas *et al.* (2002) conceituaram regiões extremas (*Extremal Regions* - ER) e propuseram o algoritmo MSER para detectá-las. ERs são caracterizadas como componentes conexos invariantes a transformações das coordenadas das imagens e a transformações das intensidades de seus pixels. De forma simplificada, ERs são identificadas por meio de uma sequência de limiarizações da imagem original (em níveis de cinza) e das imagens binárias geradas. Tal sequência de imagens inicia com um quadro totalmente branco e termina com um outro totalmente negro, passando por diversas imagens intermediárias nas quais as regiões de interesse são identificadas. Tais regiões se tornam cada vez maiores e se fundem à medida que o valor utilizado como limiar é incrementado (LÓPES, 2011; MATAS *et al.*, 2002).

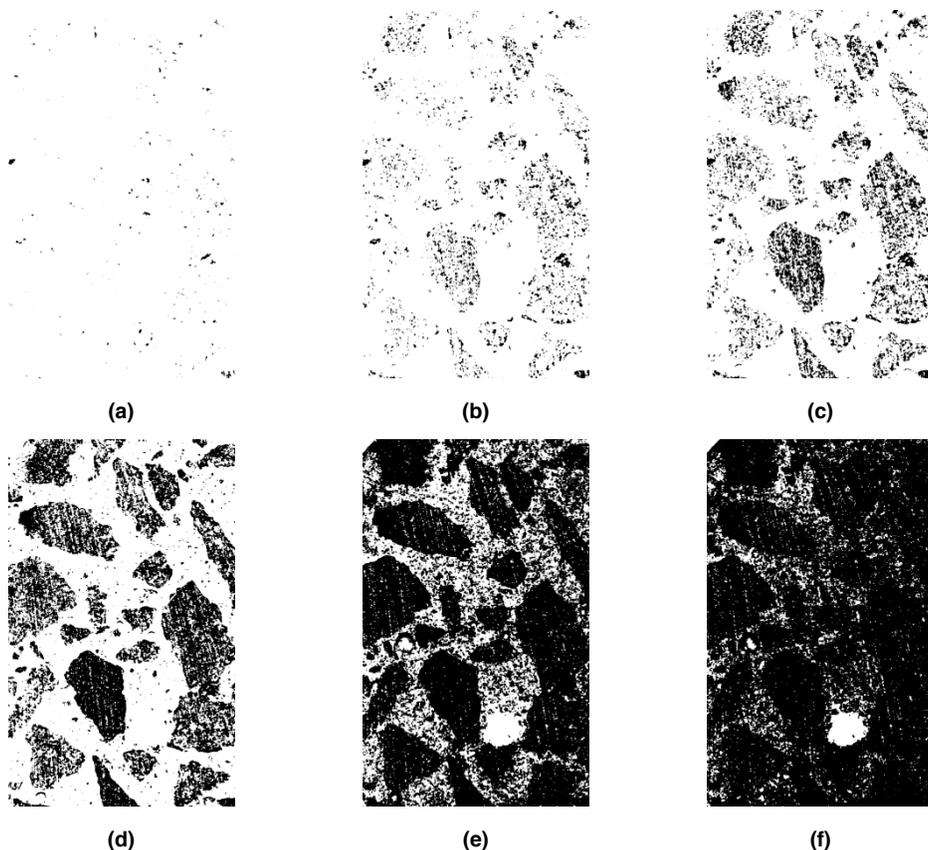


Figura 5: Processo de definição das regiões extremas. Considere a imagem da Figura 1(b). Após esta ser convertida para níveis de cinza, diferentes limiares são aplicados e diferentes imagens binarizadas são geradas para a identificação das regiões extremas. As imagens (a) a (f) ilustram os resultados para os limiares 35, 50, 60, 81, 117 e 124.

Fonte: Autoria própria (2020).

De forma geral, as ERs são identificadas em função dos níveis de cinza dos pixels que as compõem e daqueles externos a elas. Ou seja, tais regiões são ou mais escuras ou mais claras que sua vizinhança, sendo estáveis diante de diferentes limiares no processo de binarização, conforme pode-se perceber na Figura 5. Os autores afirmam que essas regiões são estáveis e invariantes a escalas, a transformações das coordenadas das imagens e a transformações das intensidades de seus pixels. A enumeração destas regiões inicia com a ordenação dos pixels da imagem. Em seguida, tal sequência é percorrida e as posições dos pixels na imagem permitem que os componentes conexos e suas áreas sejam identificados e mantidos por meio do algoritmo *union-find*. Níveis de cinza caracterizados como mínimos locais da taxa de mudança da área são selecionados como limiares produzindo as MSERs (MATAS *et al.*, 2002).

Um fato importante a ser destacado é que MSER não possui um algoritmo para a extração de características. Assim, MSER foi utilizado para a identificação das regiões, enquanto que as características foram extraídas com o uso do SURF (BAY *et al.*, 2006, 2008). Como antes, foram gerados vetores com 64 e 128 elementos para cada região identificada em cada imagem. Posteriormente, estes foram sumarizados por meio dos vetores com as representações dos quatro momentos estatísticos, gerando novos vetores com 64 ou 128 elementos. Maiores detalhes quanto ao descritor MSER e a metodologia adotada para ele podem ser obtidos em Martins (2014).

### 3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para cada etapa do processo de reconhecimento de padrões foram testados diferentes parâmetros, tal como identificados na seção de materiais e métodos. Os melhores resultados são apresentados nos Quadros 1 à 3.

Atributos	# Atributos	%	dp
# Atributos	1	56,4	3,2
Média	128	81,3	2,8
Variância	128	<b>84,8</b>	2,9
Obliquidade	128	81,4	7,9
Curtose	128	82,5	5,3

Quadro 1: Resultados obtidos para o descritor SIFT.

Fonte: Autoria própria (2020).

Atributos	SURF-64			SURF-128		
	# Atributos	%	dp	# Atributos	%	dp
# Atributos	1	57,6	1,4	1	57,6	1,4
Média	64	82,2	3,5	128	78,9	2,3
Variância	64	<b>87,1</b>	3,1	128	<b>87,1</b>	3,1
Obliquidade	64	69,3	2,4	128	72,9	2,3
Curtose	64	74,1	7,0	128	74,0	6,2

Quadro 2: Resultados obtidos para o descritor SURF.

Fonte: Autoria própria (2020).

Atributos	MSER-SURF-64			MSER-SURF-128		
	# Atributos	%	dp	# Atributos	%	dp
# Atributos	1	62,5	5,5	1	62,5	5,5
Média	64	63,4	6,4	128	61,1	3,1
Variância	64	57,8	9,4	128	<b>74,2</b>	3,8
Obliquidade	64	61,2	1,9	128	56,5	1,9
Curtose	64	<b>63,5</b>	4,2	128	54,2	6,7

Quadro 3: Resultados obtidos para o conjunto MSER-SURF.

Fonte: Autoria própria (2020).

Para SIFT, os melhores resultados alcançados foram 84,8% (dp = 2,9) utilizando os vetores obtidos pelo cálculo do momento estatístico variância para sumarizar as características dos pontos de atenção identificados em cada imagem. Já para SURF, ambas as versões com 64 e 128 atributos geraram 87,1% (dp = 3,1) para para variância. A combinação MSER-SURF, nas versões com 64 e 128 atributos, produziu 63,5% (dp = 4,2) para curtose e 74,2% (dp = 3,8) para variância, respectivamente.

O problema em questão envolve segurança e vidas humanas, além dos altos valores monetários empregados na construção e manutenção das edificações. Os resultados obtidos se mostraram importantes, principalmente com as boas taxas de reconhecimento apresentadas. Além do exposto, destaca-se a combinação do identificador de regiões de interesse MSER e do descritor SURF.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho avaliou a aplicação de classificadores construídos a partir de descritores baseados em pontos de atenção ao problema de reconhecimento de traços de concreto por meio de imagens. Os resultados alcançados são bastante promissores para problema abordado. Nossos resultados apontam para alternativas viáveis a serem empregadas, sendo que a melhor taxa de reconhecimento foi 87,1% (dp = 3,1) usando o descritor SURF.

Os trabalhos futuros compreenderão a ampliação da base de imagens, com maior variedade de traços e imagens. Ao mesmo tempo, serão investigados novos descritores e opções para seleção e combinação de classificadores, tais como as apresentadas por Martins, Oliveira e Sabourin (2012).

#### REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT 15900-1**: Água para amassamento do concreto Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2009.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT 12655: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2015.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção.** 5.ed. Vol 1. Rio de Janeiro: LTC – Livros técnicos e Científicos Editora S.A., 1994.

BAY, H.; TUYTELAARS, T.; e VAN GOOL, L. **SURF: Speeded up robust features.** In ECCV, 2006, p. 404-417.

BAY, H.; ESS, A.; TUYTELAARS, T.; e VAN GOOL, L. **Speeded-up robust features (SURF).** Compute Vision. Image Understanding, v. 110, n. 3, 2008, p. 346-359.

BUENO, M. L. **Deteção de Bordas através de Algoritmo Canny.** Disponível em: <http://www.inf.ufsc.br/~aldo.vw/visao/2000/Bordas/index.htm>. Acesso em: 20 jan. 2020.

CONNERS, R. W.; KLINE, D. E.; ARAMAN, P. A.; DRAYER, T. H. **Machine vision technology for the forest products industry.** Computer, v. 30, n. 7, p. 43-48, 1997.

LÓPES, G. A. P. **Aforapro: reconhecimento de objetos invariante sob transformações afins.** Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

LOWE, D.G. **Object recognition from local scale-invariant features.** In International Conference on Computer Vision, v. 2, p. 1150-, Washington, DC, USA, 1999.

LOWE, D.G. **Distinctive image features from scale-invariant keypoints.** In Int. Journal of Computer Vision, v. 60, n. 2, p. 91-110, 2004.

MAIA, D. e GARCIA, D. **Dois prédios desabam na zona oeste do Rio de Janeiro.** Folha de São Paulo, São Paulo - SP, 12 de abr. de 2019. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2019/04/dois-predios-desabam-na-zona-oeste-do-rio-de-janeiro.shtml#:~:text=%E2%80%8BBO%20desabamento%20de%20dois,adolescente%20est%C3%A3o%20entre%20as%20v%C3%ADtimas.&text=%E2%80%8BBOs%20pr%C3%A9dios%20ca%C3%ADram%20por%20volta%20das%206h30>. Acesso em: 20 de jun. de 2019.

MALTA, J. O. **Dosagem de concretos produzidos com agregado miúdo reciclado de resíduo de construção e demolição.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana. Escola Politécnica (EPUFBA). Universidade Federal da Bahia (UFBA). Salvador, 2012.

MARTINS, J.G.; OLIVEIRA, L.E.S.; SABOURIN, R. **Combining textural descriptors for forest species recognition.** In IECON 2012 - 38th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society, p. 1483-1488, 2012.

MARTINS, J.G. **Identificação de Espécies Florestais utilizando Seleção Dinâmica de Classificadores no Espaço de Dissimilaridade.** Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Informática do Setor de Ciências Exatas da Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2014.

MATAS, J.; CHUM, O.; MARTIN, U.; e PAJDLA, T. **Robust wide baseline stereo from maximally stable extremal regions.** In British Machine Vision Conference, p. 384–393, 2002.

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais.** 3.ed. São Paulo: IBRACON, 2008.

MONTEIRO, A. C. N. **Concreto Poroso: dosagem e desempenho.** Monografia de Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Goiás (UFGO). Goiania, 2010.

PEDRINI, H.; SCHWARTZ, W.R. **Análise de Imagens Digitais**: princípios, algoritmos e aplicações. São Paulo: Thomson Learning, 2008.

PHAM, D. T.; ALCOCK, R. J. **Automated visual inspection of birch wood boards**. IEE Colloquium on Artificial Intelligence in Manufacturing, p. 1-4, 1997.

**PREFEITURA de SP interdita ponte que leva à Dutra pela Marginal Tietê**. G1 SP, São Paulo - SP, 23 de jan. de 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2019/01/23/prefeitura-de-sp-interdita-ponte-que-leva-a-dutra-pela-marginal-tiete.ghtml>. Acesso em: 20 de jun. de 2019.

RADOVAN, S.; GEORGE, P.; PANAGIOTIS, M.; MANOS, G.; ROBERT, A.; IGOR, D. **An approach for automated inspection of wood boards**. International Conference on Image Processing, 1, p. 798-801, 2001.

SCHVAICKARDT, C. M.; MATTOS, J. R. G. **Estudo de traço para peças pré-moldadas de concreto para pavimentos intertravados**. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, v. 6, n. 39. 2018.

VEDALDI, A.; FULKERSON, B. **VLFeat: An Open and Portable Library of Computer Vision Algorithms**. 2008. URL: <http://www.vlfeat.org/>.

**VIADUTO da Galeria dos Estados desaba e abre cratera no Eixão Sul**. Correio Braziliense, Brasília - DF, 06 de fev. de 2018. Disponível em: [https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/cidades/2018/02/06/interna\\_cidadesdf,658118/parte-do-viaduto-da-galeria-dos-estados-desaba-no-centro-de-brasilia.shtml](https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/cidades/2018/02/06/interna_cidadesdf,658118/parte-do-viaduto-da-galeria-dos-estados-desaba-no-centro-de-brasilia.shtml). Acesso em: 20 de jun. de 2019.

YANG, Y.; e NEWSAM, S. **Comparing SIFT descriptors and Gabor texture features for classification of remote sensed imagery**. In 15th IEEE International Conference on Image Processing, p. 1852-1855, 2008.

ZHU, J.; HOI, S. C.H.; LYU, M. R.; e YAN, S. **Near-duplicate keyframe retrieval by nonrigid image matching**. In 16th ACM international conference on Multimedia, p. 41–50, New York, NY, USA, 2008.

# INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL:

Coletânea de Estudos de Casos



[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)



[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)



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



[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL:

Coletânea de Estudos de Casos



[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)



[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)



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



[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

**Atena**  
Editora

Ano 2021