



# **Engenharia Moderna:** Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria 3

Fábio Andrijauskas  
Annete Silva Faesarella  
Laira Lucia Damasceno de Oliveira  
(Organizadores)

**Atena**  
Editora  
Ano 2022



# **Engenharia Moderna:** Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria 3

Fábio Andrijauskas  
Anete Silva Faesarella  
Laira Lucia Damasceno de Oliveira  
(Organizadores)

**Atena**  
Editora  
Ano 2022

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



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 Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

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 Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
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  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
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 Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



# Engenharia moderna: soluções para problemas da sociedade e da indústria 3

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Yaiddy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadores:** Fábio Andrijauskas  
Annete Silva Faesarella  
Laira Lucia Damasceno de Oliveira

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia moderna: soluções para problemas da sociedade e da indústria 3 / Organizadores Fábio Andrijauskas, Annete Silva Faesarella, Laira Lucia Damasceno de Oliveira. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0095-0

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.950221105>

1. Engenharia. 2. Sociedade. 3. Indústria. I. Fábio Andrijauskas (Organizador). II. Annete Silva Faesarella (Organizadora). III. Laira Lucia Damasceno de Oliveira (Organizadora). IV. Título.

CDD 620

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



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

## 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; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## APRESENTAÇÃO

Nos anos de 2020 e 2021 tivemos a primeira e a segunda edição do livro “Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria” e agora, em 2022, com muito orgulho lançamos sua terceira edição. Esta edição atual provém de trabalhos desenvolvidos durante a pandemia da COVID-19, um período que nos fez refletir sobre a importância da ciência e o desenvolvimento tecnológico no mundo atual, aliados na descoberta de soluções para problemas de diferentes âmbitos, haja vista as vacinas desenvolvidas no intuito de resolver esta situação tão sensível e desafiadora. Realmente, um momento que mudou a vida de todos e que ficará para sempre em nossas lembranças.

Em tempos que, mais do que nunca, necessitam de união e paz, apresentamos este conteúdo com diversos autores, demonstrando que a diversidade de pensamento, ideias e conhecimento são pilares para o avanço da ciência. Cada capítulo foi elaborado com dedicação e comprometimento dos pesquisadores, e traz mais um resultado de sucesso para diversas áreas do conhecimento, como as Engenharias, a Saúde e o Meio Ambiente.

Mais uma vez, agradecemos à Editora Atena pela oportunidade do lançamento do nosso terceiro livro, proporcionando uma via eficaz de disseminação de conhecimento e de suas contribuições para a sociedade e para a comunidade científica.

Finalizamos com uma frase da oração de São Francisco que diz: **“Senhor, fazei de mim instrumento de vossa paz”**.

**Paz e bem!**

Annete Silva Faesarella

Fábio Andrijauskas

Laira Lucia Damasceno de Oliveira

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **A MODERN PANORAMA OF THE INTERNET OF MEDICAL THINGS DEMONSTRATING ITS APPLICATION LANDSCAPE**

Reinaldo Padilha França  
Ana Carolina Borges Monteiro  
Rangel Arthur  
Francisco Fambrini  
Julio Cesar Pereira  
Vicente Idalberto Becerra Sablón  
Yuzo Iano

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211051>

### **CAPÍTULO 2..... 20**

#### **PRODUÇÃO E APLICAÇÕES DO PÓ DA CASCA DE ROMÃ EM COSMÉTICOS**

Teresa de Jesus Estevam Pereira  
Vanessa Cristine de Marco Matos dos Santos  
Iara Lúcia Tescarollo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211052>

### **CAPÍTULO 3..... 36**

#### **IMAGENS DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA FUNCIONAL EM ESTADO DE REPOUSO APLICADAS A ESTUDO DA DOR CRÔNICA UTILIZANDO DEEP LEARNING**

Sérgio Ricardo de Lima Novais  
Glaucilene Ferreira Catroli  
Fábio Andrijauskas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211053>

### **CAPÍTULO 4..... 50**

#### **BALSANET - PLATAFORMA COMPUTACIONAL MULTIPARÂMETROS CONTROLADA REMOTAMENTE PARA MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUAS SUPERFICIAIS**

Kelvyn Souza Santana  
Anderson Quintino da Fonseca  
Vicente Idalberto Becerra Sablón  
Annete Silva Faesarella

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211054>

### **CAPÍTULO 5..... 67**

#### **NOVO MÉTODO DE SUPRIMENTO DE ELETROPOSTOS A PARTIR DE ENERGIA FOTOVOLTAICA**

Fernando Luciano de Almeida  
Julio Cesar Galves Gomes Mangini Mosqueiro Junior  
Annete Silva Faesarella

Vicente Idalberto Becerra Sablón

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211055>

**CAPÍTULO 6..... 81**

**ESTUDO DA RECUPERAÇÃO DE SOLVENTES NA PRODUÇÃO DE ADESIVOS**

Leonardo Dorigo de Almeida  
Samyra Haryele Gimenes Silva  
Monica Tais Siqueira D'Amelio

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211056>

**CAPÍTULO 7..... 97**

**DESENVOLVIMENTO, ANÁLISE E ESTUDO DA CASCA DE CAFÉ PARA REMOÇÃO DE CORANTES DE EFLUENTES INDUSTRIAIS**

Enik Erica Rodrigues Godoy  
Gabriela de Oliveira Ferri  
Monica Tais Siqueira D'Amelio

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211057>

**CAPÍTULO 8..... 109**

**APLICAÇÃO DE CARVÃO ALTERNATIVO EM TRATAMENTO DE ÁGUA INDUSTRIAL**

Bruna Ferraz Mattos de Souza  
David Aguiar Ferreira Junior  
Monica Tais Siqueira D'Amelio Felipe

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211058>

**CAPÍTULO 9..... 123**

**ESTUDO DA TRANSFORMAÇÃO DO LODO GERADO EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES EM PRODUTO COMERCIAL AGRÍCOLA**

Jaqueline Paz de Oliveira  
Mislaini de Sá Viana  
André Augusto Gutierrez Fernandes Beati  
Renata Lima Moretto  
Laira Lúcia Damasceno de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211059>

**CAPÍTULO 10..... 145**

**AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL COM FOCO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

Augusto da Silva Santos  
Brurenan Rocha Silva  
Geraldo Peres Caixeta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110510>

**CAPÍTULO 11..... 163**

**ANÁLISE DE INTERFERÊNCIA ELETROMAGNÉTICA EM LINHAS DE TRANSMISSÃO E EFEITOS DE BLINDAGEM**

Rafaela Steffany da Silva Kayo  
William Aparecido de Oliveira  
Geraldo Peres Caixeta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110511>

**CAPÍTULO 12..... 183**

**ESTUDO DA VIABILIDADE DE RECUPERAÇÃO DE METAIS EM PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO**

Cláudia Fernanda Spagnol Cocenza  
Yasmin Abrahão Pacheco Boiago  
Renato Franco de Camargo  
Roberta Martins da Costa Bianchi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110512>

**CAPÍTULO 13..... 202**

**LEVANTAMENTO DA CAUSA REFERENTE AOS DANOS E PATOLOGIAS ENCONTRADOS NA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA EM UMA VIA DE FLUXO MUITO PESADO**

Caroline Fernanda Ferreira  
Lillian Maria Destro  
Marcelo da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110513>

**CAPÍTULO 14..... 220**

**ANÁLISE DE GESTÃO DE OBRA E IMPACTO DE CIRCUNVIZINHANÇA**

Ana Carolina Marques Monteiro  
Letícia Toniato Andrade  
Laira Lúcia Damasceno de Oliveira  
Renata Lima Moretto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110514>

**CAPÍTULO 15..... 234**

**O DESEMPENHO TÉRMICO DAS EDIFICAÇÕES DE ENSINO FRENTE ÀS ESTRATÉGIAS ARQUITETÔNICAS, ENERGÉTICAS E OS IMPACTOS CLIMÁTICOS ATUAIS**

Jane Tassinari Fantinelli  
Mariana Cene da Silva  
Caroline Oliveira Tartari

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110515>

**CAPÍTULO 16..... 248**

**DESENVOLVIMENTO DE UM GERADOR DE OZÔNIO DE BAIXO CUSTO PARA**

## TRATAMENTO DE ÁGUA CONTAMINADA COM CORANTES

Leticia Pereira Brito D'Oliveira  
Marcos Vinicius Pernambuco Zeferino  
Roberta Martins da Costa Bianchi  
Renato Franco de Camargo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110516>

### **CAPÍTULO 17.....268**

#### DETERMINAÇÃO DO TEOR DE LACTOSE POR MEIO DE GLICOSÍMETRO

Danka Ayres Carvalho da Silva  
Gabriel Luís Ehrenberg Malavazzi  
Filipe Alves Coelho  
Roberta Martins da Costa Bianchi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110517>

### **CAPÍTULO 18.....280**

#### ESTUDO DA INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE IMPRESSÃO 3D NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE PEÇAS TÉCNICAS IMPRESSAS

Paulo Cesar Polli  
Daniel Loureiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110518>

### **CAPÍTULO 19.....299**

#### DESENVOLVIMENTO DE MODELOS DENTÁRIOS ATRAVÉS DA MANUFATURA ADITIVA

Guilherme de Faria Mendes  
Vinicius Fernandes Moreira Alves  
Daniel Loureiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110519>

### **SOBRE OS ORGANIZADORES .....320**

## IMAGENS DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA FUNCIONAL EM ESTADO DE REPOUSO APLICADAS A ESTUDO DA DOR CRÔNICA UTILIZANDO DEEP LEARNING

**Sérgio Ricardo de Lima Novais**

Universidade São Francisco  
Itatiba - SP  
<http://lattes.cnpq.br/9739795174055472>

**Glaucilene Ferreira Catroli**

University of California  
San Diego - CA  
<http://lattes.cnpq.br/4914553972592247>

**Fábio Andrijauskas**

Universidade São Francisco  
Itatiba - SP  
<http://lattes.cnpq.br/7771878233635494>

**RESUMO:** O aprendizado de máquina é um conjunto de técnicas utilizadas para análise de dados e tem se mostrado muito eficiente na previsão de dados por meio de algoritmos e ferramentas estatísticas. A aplicação de imagens de ressonância magnética funcional em estado de repouso (rs-fMRI), auxiliadas por meio de redes neurais convolucionais (CNN), têm sido empregadas para acelerar e melhorar os processos de desenvolvimento de novos medicamentos e diagnósticos médicos. Nas pesquisas em dor crônica, a rs-fMRI é utilizada para fornecer dados com o paciente em repouso, algo que é interessante para avaliar pacientes incapazes de realizar qualquer tipo de tarefa, como pessoas com Alzheimer e Demência avançados. No entanto, as informações geradas por um teste rs-fMRI requerem conhecimentos específicos para serem interpretados. Uma análise precisa dos resultados de rs-fMRI, exige pré-processamento,

mapeamento das áreas ativas do cérebro e, por fim, a aplicação do método de análise. Para esta pesquisa, foi realizado um levantamento bibliográfico para investigar os procedimentos atuais de pré-processamento e quais seriam os motivos de sua escolha. Assim, para a primeira parte da pesquisa, foram selecionados cerca de 40 artigos. Ao analisá-los, constatou-se que não há um protocolo definido para o desenvolvimento de um pré-processamento de rs-fMRI que resulte em alto grau de confiabilidade na aplicação do método analítico. Mesmo assim, foi possível determinar quais processos podem ser realizados no pré-processamento de rs-fMRI como remoção de crânio, redução de artefatos, correção de movimento, tempo de corte, suavização espacial, co-registro e normalização. Neste sentido, aplicando-se técnicas de mapeamento é possível realizar classificação e diagnosticar pessoas com dor crônica para que seja possível efetuar um melhor tratamento e conseqüentemente, aumentar a qualidade de vida dos pacientes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Rs-fmri, dor, redes neurais convolucionais, conectoma, conectividade funcional.

### RESTING-STATE FUNCTIONAL MAGNETIC RESONANCE IMAGES APPLIED TO THE STUDY OF CHRONIC PAIN USING DEEP LEARNING

**ABSTRACT:** Machine learning is a set of techniques used for data analysis and has been shown to be very efficient in predicting data through algorithms and statistical tools. The application of

resting-state functional magnetic resonance imaging (rs-fMRI), aided through convolutional neural networks (CNN), has been employed to accelerate and improve the processes of developing new drugs and medical diagnoses. In chronic pain research, rs-fMRI is used to provide data with the patient at rest, something that is interesting for evaluating patients who are unable to perform any type of task, such as people with advanced Alzheimer's and Dementia. However, the information generated by an rs-fMRI test requires specific knowledge to be interpreted. An accurate analysis of rs-fMRI results requires pre-processing, mapping of active areas of the brain and, finally, application of the analysis method. For this research, a bibliographic survey was carried out to investigate the current pre-processing procedures and what would be the reasons for their choice. Thus, for the first part of the research, about 40 articles were selected. When analyzing them, it was found that there is no defined protocol for the development of a pre-processing of rs-fMRI that results in a high degree of reliability in the application of the analytical method. Even so, it was possible to determine which processes can be performed in the pre-processing of rs-fMRI such as skull removal, artifact reduction, motion correction, cropping time, spatial smoothing, co-registration and normalization. In this sense, by applying mapping techniques, it is possible to classify and diagnose people with chronic pain so that it is possible to carry out a better treatment and, consequently, increase the quality of life of patients.

**KEYWORDS:** Rs-fmri, pain, convolutional neural network, connectome, functional connectivity.

## 1 | INTRODUÇÃO

O cérebro controla todas as funções complexas do corpo humano. Em sua estrutura, ele é organizado em diferentes regiões especializadas para processar e retransmitir sinais neurais. No parecer funcional, ele é subespecializado para processos perceptuais e cognitivos (LV, H. et al, 2018). Tais áreas são formadas por grandes conjuntos de neurônios que não possuem nenhuma reserva interna de energia, mas quando ativados recebem oxigênio por meio de um processo chamado resposta hemodinâmica. Este acontecimento resulta em mudança dos níveis de oxiemoglobina e desoxihemoglobina que podem ser detectados por imagens de Ressonância Magnética (RM). Esta característica foi analisada pela primeira vez nos estudos de Biswal et al (1995), no qual foi relatado a presença de atividade espacialmente coerente no sinal de Imagem de Ressonância Magnética Funcional (fMRI) dependente do nível de oxigênio no sangue em estado de repouso (BOLD). As flutuações espontâneas no sinal BOLD trabalham em frequências muito baixas (< 0,1 Hz) e existem conjuntos de áreas do cérebro que sofrem essas flutuações e são denominados redes de estado de repouso (RSN) (Fröhlich, 2016).

A dor é uma das funções cerebrais que está relacionada à sobrevivência e é caracterizada com uma experiência subjetiva, sensorial e emocional desagrável (RAJA, Srinivasa N. et al., 2020).

Apesar de desagradável, essa percepção tem imenso valor biológico pois trata-

se do alerta frente a uma possível lesão tecidual resultante de estímulos intensos ou a lesões teciduais reais. A dor permite a detecção de ameaças à integridade tecidual e, por consequência, previne maiores injúrias ao organismo (WOLLER et al., 2017). Embora mantenha uma função protetiva, quando crônica, a dor perde essa função de “alerta” e geralmente está associada à sensibilização da via nociceptiva sem que haja um processo inflamatório do tecido periférico, lesão subjacente, distúrbio ou doença que justifique tal sensibilização (MANION et al., 2019).

Dores crônicas, independentemente de sua origem, representam um sério problema em diversos países, pois estão frequentemente associadas à incapacitação e restrições na mobilidade, geram ansiedade, depressão e reduzem significativamente a qualidade de vida de jovens e adultos em idade produtiva. Dentre muitas manifestações dolorosas que afligem milhões de pessoas em todo o mundo, destaca-se aqui, a dor lombar.

A dor crônica na lombar apresenta-se como um problema de saúde pública e estima-se que 70% a 85% da população experimentará um episódio de lombalgia em algum momento. Noventa por cento desses indivíduos terão mais de um episódio (SILVA et al., 2004; ANDERSSON, 1999). A prevalência anual de dor lombar crônica varia de 15% a 45%, com prevalências pontuais em média 30% (ANDERSSON, 1997). Nos EUA, a dor lombar aguda e crônica é a causa mais comum de limitação de atividades em pessoas com menos de 45 anos e o segundo motivo mais frequente de consultas médicas (HART et al., 1995; PRAEMER et al., 1992). Os dados de outros países ocidentais são semelhantes. Estimativas do Reino Unido mostram a dor lombar como a maior causa individual de afastamento do trabalho, respondendo por 12,5% de todos os dias de licença médica e mais de £11 bilhões em custos diretos e indiretos (FRANK, 1993; MANIADAKIS e GRAY, 2000).

Vários estudos mostraram que as síndromes de dor crônica também estão associadas a alterações na conectividade funcional dos sinais BOLD (BALIKI et al., 2008). Por exemplo, pacientes com dor lombar crônica (CBP) parecem ter desativações reduzidas em regiões cerebrais específicas da rede de modo padrão (DMN) (SANTANA et al., 2019). As flutuações do sinal BOLD e alterações da DMN podem ser analisadas por meio de Imagens de Ressonância Magnética Funcional em Estado de Repouso (rs-fMRI).

A rs-fMRI é usada para detectar regiões cerebrais funcionalmente ligadas cujos padrões de BOLD estão temporalmente correlacionados quando o sujeito está em repouso, isto é, quando nenhum estímulo ou tarefa específica é apresentado (BISWAL et al., 1995). Particularmente, este modelo de Imagem de Ressonância Magnética Funcional (fMRI) é interessante para utilização em procedimentos pré-operatórios, pois é possível avaliar por exemplo quais áreas e em qual proporção estão sendo afetadas por um tumor ou também para pacientes que estão impossibilitados de responder ou realizar tarefas mais complexas.

Para realizar algum tipo de avaliação por meio de rs-fMRI, é necessário um processo analítico que muitas vezes torna-se trabalhoso, pois demanda conhecimento de fisiologia,

anatomia e neurociência. É possível automatizar o processo de análise e para isso faz-se fundamental a aplicação de quatro procedimentos: o pré-processamento, mapeamento das regiões de interesse (ROIs), aplicação de filtros e posteriormente aplicação de uma técnica de análise como o *Machine Learning (ML)*.

O *machine learning* representa um conjunto de técnicas que consegue aprender e analisar relações não triviais sobre um conjunto de dados, mostrando análises que são capazes de criar dados próximos de um conjunto ou ainda indicar se um dado pertence a um grupo específico (ALPAYDIN, 2004). As pesquisas na área de dor geram grande quantidade de dados que se enquadram dentro do escopo de análises abrangidas pelo *ML* (LÖTSCH, 2017).

Dentre algumas técnicas de *ML* às redes neurais artificiais (RNA) como um excelente método de análise para projetos. Tal técnica foi desenvolvida inicialmente por Warren McCulloch e Walter Pitts (1943) com base em três fontes: o conhecimento da fisiologia básica e da função dos neurônios no cérebro; uma análise formal da lógica proposicional criada por Russell e Whitehead; e a teoria da computação de Turing (RUSSEL; NORVIG, 2013). McCulloch e Pitts (1943), apresentaram um modelo onde poderiam ser definidas redes simples que, se dispostas apropriadamente, seriam aptas a aprender. A técnica consiste em redes compostas por nós ou unidades conectadas por ligações direcionadas.

A junção dos estudos da dor com técnicas de *ML* ainda é um elemento novo, mas a implementação de ferramentas que ampliem a visão dos pesquisadores (EMIR et al., 2016), mesmo que iniciais, já é de grande valia no processo de desenvolvimento de medicamentos e diagnósticos mais precisos. Além disso, a computação de alto desempenho emerge como uma das ferramentas para unir as áreas biológicas e computacionais, tornando possível a simulação e análise de cenários mais próximos da realidade (ANDRIJAUSKAS e CATROLI, 2020).

Pesquisas relacionadas à dor são, em geral, englobadas pela neurociência, seja avaliando anatomia estrutural e/ou conectividade funcional, visam a busca por novos alvos terapêuticos que representem o desenvolvimento de tratamentos mais efetivos e com menor incidência de efeitos adversos aos pacientes que sofrem com diferentes tipos de dor.

## **2 | CONECTIVIDADE FUNCIONAL**

Nos últimos anos tem surgido o estudo da conectividade funcional por meio do desenvolvimento de conectomas, que se caracterizam pela pesquisa e análise das conexões entre as regiões cerebrais como demonstrado na Figura 1.

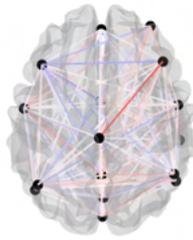


Figura 1: Ilustração de um conectoma baseado em rs-fMRI, onde cada círculo preto representa uma região cerebral e as conexões em branco apresentam correlação próximo ou igual a zero, conexões em azul correlação negativa e em vermelho correlação positiva

Fonte: Próprio autor

De acordo com Raichle (2015), a conectividade funcional fornece uma ferramenta para compreender quais regiões do cérebro podem estar se comunicando durante a conclusão das demandas cognitivas ou afetivas e quais circuitos cerebrais apoiam o desempenho em diferentes domínios da cognição, emoção e/ou processamento social. Assim, podem ser construídos modelos sobre síndromes, doenças e também sobre a dor crônica.

### 3 I MODELO DE MATRIZ DA DOR CRÔNICA

A definição padrão de dor crônica endossada pela Associação Internacional para o Estudo da Dor afirma que é a dor que persiste após a fase de cura de uma lesão (MERSKEY e BOGDUK, 1994). Determinar o fim da fase de cura é difícil, entretanto, ao em vez disso, a definição clínica comum é um tempo fixo de dor persistente após seu início inicial (APKARIAN et al., 2008).

Existe uma longa lista de condições clínicas de dor crônica. Geralmente são identificados pelo local da lesão (por exemplo, costas, cabeça) e categoria de lesão (por exemplo, artrítica, câncer, miofascial, diabética) (APKARIAN et al., 2010). As manifestações clínicas costumam ser uma combinação de múltiplas condições de dor; mesmo em uma única condição, observa-se que diversos tipos de tecidos e células contribuem. Talvez o exemplo mais notório seja a dor nas costas crônica, onde é muito difícil determinar o tipo de tecido lesado e com a extensão da degeneração articular, lesões musculares e nervosas variando amplamente entre os pacientes, o envolvimento relativo de cada um permanece obscuro e indeterminado (APKARIAN et al., 2010).

Além disso, a dor pode ser definida como uma experiência sensorial e emocional complexa que pode variar amplamente entre as pessoas e até em um mesmo indivíduo, dependendo do contexto e do significado da dor e do estado psicológico da pessoa (BUSHNELL et al., 2013). Estudos clínicos e experimentais mostram que mesmo uma

simples manipulação psicológica, como distração, pode ter um efeito poderoso em nossa percepção da dor (VILLEMURE e BUSHNELL, 2002). O estado emocional também tem uma enorme influência sobre a dor; um estado emocional negativo aumenta a dor, enquanto um estado positivo diminui a dor (VILLEMURE e BUSHNELL, 2009). Na figura 2 tem-se o esquema das relações citadas.

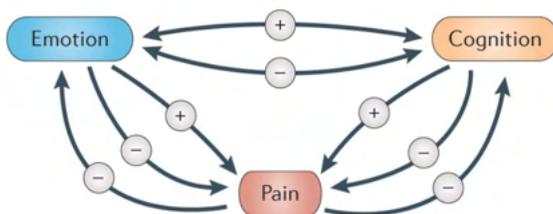


Figura 2: Loops de feedback entre dor, emoções e cognição

Fonte: BUSHNELL et al., 2013.

Várias vias no Sistema Nervoso Central (SNC) estão envolvidas no processamento da dor. Estudos de imagem do cérebro humano revelaram redes corticais e subcorticais consistentes que são ativadas pela dor, incluindo regiões sensoriais, límbicas e associativas (BUSHNELL et al., 2013).

As áreas do cérebro mais comumente ativadas por estímulos nocivos em estudos de imagem do cérebro humano são o córtex somatossensorial primário (S1), córtex somatossensorial secundário (S2), córtex cingulado anterior (ACC), ínsula, córtex pré-frontal (PFC), tálamo, cerebelo, substância cinza periaquedutal (APKARIAN et al., 2004; ZHANG et al., 2014; WAND et al., 2009; MELZACK, 2001; APKARIAN, 2012; APKARIAN, 2010; APKARIAN et al., 2015; APKARIAN et al., 2013; MAIHÖFNER et al., 2006; GUSTIN et al., 2012; WAND ET et al., 2011; SEMINOWICZ et al., 2011; FLOR, 2011; LINNMAN et al., 2013; WILLIS JR, 1985). A ativação neural nessas áreas é consistente com estudos anatômicos e eletrofisiológicos que mostram possível conectividade nociceptiva aferente para essas regiões (BUSHNELL et al., 2013). Através de estudos anatômicos e eletrofisiológicos, outras regiões também mostraram ter entrada nociceptiva e esses achados foram confirmados por estudos de imagens cerebrais (BUSHNELL et al., 2013). Como seria de se esperar, as múltiplas vias cerebrais relacionadas à dor são importantes para diferentes aspectos da experiência dolorosa.

A dor envolve sensações como queimação ou hipersensibilidade com locais e durações identificáveis. No entanto, o que caracteriza a sensação “dor” geralmente é o componente afetivo da experiência, isto é, quão desagradável é a experiência (BUSHNELL et al., 2013). É o desagrado que motiva o indivíduo a se envolver em um comportamento,

seja para fugir, lutar ou congelar. Em alguns casos, uma sensação dolorosa pode ser experimentada como prazerosa, como uma massagem profunda e, nesse caso, cria um estado motivacional positivo. Imagens do cérebro e estudos de lesões implicam diferentes regiões cerebrais nesses diferentes aspectos da experiência da dor. Os córtices somatossensoriais (S1 e S2) codificam informações sobre características sensoriais (KENSHALO, ISENSEE, 1983; KENSHALO et al., 1988; CHUDLER et al., 1990; PIONER et al., 1999; GREENSPAN 1999). Alternativamente, o ACC e a ínsula, que há muito tempo são considerados componentes da parte límbica (emocional) do cérebro, são mais importantes para codificar os aspectos emocionais e motivacionais da dor. No entanto, a conectividade funcional observada nessas imagens apresenta-se como um grande obstáculo para sua interpretação em ferramentas de imagens e demandam alguns processos para filtrar as informações contidas.

## 4 | APLICAÇÃO DE FILTROS

Embora a aplicação de RNAs para análise de imagens médicas esteja bem estabelecida para algumas aplicações clínicas, seu uso para aplicações neurológicas só recentemente se tornou mais popular (YOO et al., 2014, YANG et al., 2014, LIU et al., 2014). Recentemente, Bruna et al., (2013) e Henaff et al., (2015) mostraram que as *Convolutional Neural Networks* podem ser aplicadas a dados em um domínio de grafo. Neste sentido, para o caso de redes cerebrais estruturais, o sinal de entrada é dado como peso nas bordas, refletindo a força da conectividade entre as regiões (KAWAHARA et al., 2016). Desta forma, não é possível o emprego direto de técnicas clássicas em domínio de grafos, fazendo-se necessário a criação de filtros específicos para dados em forma de grafos.

Uma maneira de aplicar RNAs aos dados da rede do cérebro é ignorar a estrutura da rede cerebral e tratar os pesos das bordas de entrada como um vetor de recursos (MUNSELL et al., 2015). Essa abordagem, no entanto, descarta as relações topológicas entre as arestas que são intrínsecas aos dados. De acordo com Kawahara et al, (2016), uma abordagem alternativa é tratar a matriz de adjacência como uma imagem e usar filtros convolucionais já estabelecidos na literatura projetados para capturar a localidade da grade 2D espacial das imagens.

No entanto, a localidade espacial entre as entradas da matriz de adjacência não corresponde diretamente à localidade topológica na rede cerebral (KAWAHARA et al., 2016). Portanto, faz-se necessário aplicar filtros diferenciados que alavanquem a estrutura do conectoma representado pela matriz de adjacência.

## 5 | RECRIAÇÃO DA *BRAINNET CNN*

De acordo Kawahara et al., (2016), a arquitetura do *BrainNetCNN* (para conectomas) foi baseada em uma CNN (para imagens), onde a primeira seção da rede é composta de camadas convolucionais e a última seção é composta de camadas totalmente conectadas. A Fig. 3 é um diagrama de blocos de uma arquitetura representativa adaptada do *BrainNetCNN* com pelo menos uma camada de cada um dos filtros propostos.

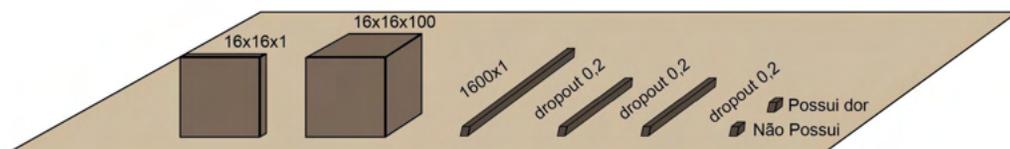


Figura 3: Arquitetura baseada no modelo *BrainNetCNN*.

Fonte: NOVAIS, 2022.

## 6 | DISCUSSÃO DO PRÉ-PROCESSAMENTO DE FMRI

As estratégias de pré-processamentos não são fixas, e os procedimentos dependem dos dados, de objetivos de análise e possuem motivações pragmáticas como disponibilidade de *software* e facilidade de uso. De acordo com Aurich (2015), a existência de várias estratégias de pré-processamento ocorre devido ao aumento de técnicas, algumas são apresentadas na Tabela 1.

Estratégias	Filtro passagem de banda	Regressão CSF e WM	Redução de movimento	Redução de outliers	Regressão do sinal global
A					
B	x				
C		x			
D	x	x			
E	x	x	x		
F	x	x		x	
G	x	x	x		x

Tabela 1: Seleção de sete estratégias de pré-processamento

Fonte: AURICH, 2015.

Para realizar estes processos existem diversos *softwares* como SPM em sua versão 12, DPARSF, BrainVoyager, AFNI, 3DSlicer, FMRIB *Software Library* (FSL). Apesar das variadas opiniões de inúmeros autores, torna-se possível selecionar algumas etapas como remoção do crânio, redução de artefatos, correção de movimento, *slice-time*, suavização

espacial, correção e normalização (CHAND et al., 2020; LIU et al., 2019; FENG et al., 2020; HAN et al., 2019; JOO et al., 2020; LEE, M. H., SMYSER, C. D. & SHIMONY, J. S., 2013; LEE, W. H. & FRANGOU, S., 2017; LI, C. & TIAN, L., 2014; WANG et al., 2015).

Contudo, após a etapa de pré-processamento deve-se realizar o mapeamento cerebral das imagens de modo a extrair os sinais BOLD em forma de séries temporais como pode ser visualizado na figura 4.

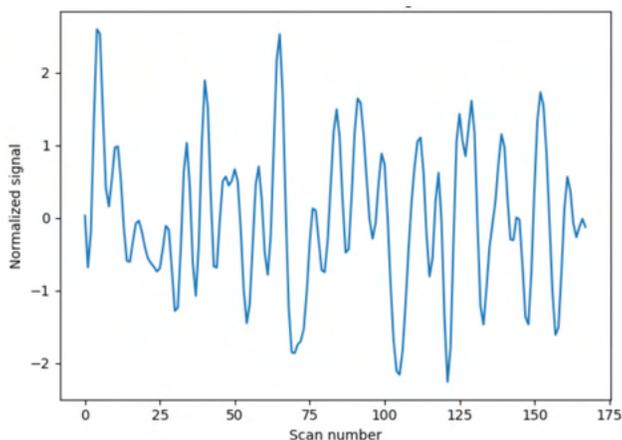


Figura 4: Sinal extraído do Córtex Cingulado Posterior

Fonte: NOVAIS, 2022.

Estes sinais são derivados do rastreamento temporal realizado pela máquina de RM. A partir deste sinal, é possível realizar cálculos para encontrar as correlações de Pearson entre as áreas do cérebro, ou seja, medir o quanto uma área está correlacionada com outra.

A mudança na configuração da divisão da base de conectomas impacta diretamente no aprendizado de uma RNA, pois ainda que o aprendizado ocorra, são necessárias cinquenta épocas a mais para o algoritmo aprender, porém, para estabilizar ainda são necessárias cerca de 150 épocas a mais do que comparado a divisão original.

Por fim, os experimentos permitiram constatar que os filtros recriados realmente funcionam, pois, segundo os criadores, os filtros fazem com que o tamanho da rede neural densa necessária para tratar o problema de classificação seja bem menor do que se comparado a não utilização dos filtros. Além disso, o algoritmo aprendeu a diagnosticar uma pessoa com dor crônica na região lombar.

## 71 CONCLUSÃO

Realizando uma pesquisa relativamente aprofundada sobre pré-processamento, dor crônica e rs-fMRI ressalta-se que, quando é dito relativo, refere-se a achados de artigos que apresentaram mais de duzentas e cinquenta referências em seu corpo. A maioria dos estudos trabalha com a experiência trazida de outras categorias de imagem. Mesmo que alguns autores tenham convergido suas ideias em algumas etapas necessárias e importantes para o pré-processamento, novas pesquisas voltadas à inovação e que contemplem a integração de várias áreas do conhecimento são essenciais para o avanço científico. Além disso, o uso dessas técnicas com métodos de mapeamento e algoritmos de *Deep Learning* torna possível o diagnóstico de transtornos e doenças que afetam diretamente a qualidade de vida das pessoas. Esses esforços representam a evolução técnico-científica que impacta diretamente no sucesso de diagnósticos e tratamentos.

## REFERÊNCIAS

ALPAYDIN, E. Introduction to Machine Learning. Adaptive computation and machine learning. MIT Press, 2004.

ANDERSSON, G. B. J. The epidemiology of spinal disorders. In: Frymoyer JW, editor. The adult spine: principles and practice. Lippincott-Raven. 1997.

ANDERSSON, G. B. Epidemiological features of chronic low-back pain. Lancet. 1999;354(9178):581-5.

ANDRIJAUSKAS, F; CATROLI, F. G. Computação de Alto Desempenho e Dinâmica Molecular. Engenharia Moderna: Soluções para problemas da Sociedade e da Indústria. Atena 2020.

APKARIAN, V. Human brain mechanisms of pain perception and regulation in health and disease. 2005.

APKARIAN, V; Baliki, M. N.; Geha P. Y. Towards a theory of chronic pain. Prog Neurobiol. 2008; 87(2):81-97. doi:10.1016/j.pneurobio.2008.09.018.

APKARIAN, V. "The brain in chronic pain: clinical implications." Pain management vol. 1,6 (2011): 577-586. doi:10.2217/pmt.11.53.

AURICH, N. K. et al. Avaliação da confiabilidade de diferentes etapas de pré-processamento para estimar as medidas de teoria dos grafos em dados de fMRI de estado de repouso. *Frontiers in Neuroscience*, vol. 9. 2015.

BALIKI, M. N. et al. Além do sentimento: a dor crônica fere o cérebro, interrompendo a dinâmica da rede do modo padrão. *The Journal of Neuroscience: o jornal oficial da Society for Neuroscience* vol. 28,6, 2008.

BISWAL, B. et al. Conectividade funcional no córtex motor do cérebro humano em repouso usando ressonância magnética ecoplanar. *Magn. Reson. Med.* 34 , 537–541, 1995.

BRUNA, J. et al. Spectral Networks and Locally Connected Networks on Graphs. pré-impressão arXiv, p. 14, 2013.

BUSHNELL, M. C. et al. Cognitive and emotional control of pain and its disruption in chronic pain. *Nature reviews. Neuroscience* vol. 14,7 (2013): 502-11. doi:10.1038/nrn3516.

CHAND, G. B. et al. Estimar o fluxo sanguíneo cerebral regional usando ressonância magnética funcional em estado de repouso por meio de aprendizado de máquina. *Journal of Neuroscience Methods*, Vol 331, 2020.

CHUDLER, E. H. et al. Responses of nociceptive SI neurons in monkeys and pain sensation in humans elicited by noxious thermal stimulation: effect of interstimulus interval. *J Neurophysiol.* 1990;63:559–569, 1990.

CUINGNET, R. et al. Spatial regularization of SVM for the detection of diffusion alterations associated with stroke outcome, 2011.

EMIR, B. et al. "(414) Predictors of response to pregabalin for broad neuropathic pain: results from 11 machine learning methods from a 6-week German observational study". Em: *The Journal of Pain* 17.4, Supplement. *Abstracts Presented at the 35th Annual Scientific Meeting of the American Pain Society*, S78, 2016.

FENG, S. et al. Padrões espaciais anormais de atividade cerebral intrínseca na osteonecrose da cabeça femoral: um estudo de imagem por ressonância magnética funcional em estado de repouso. *Frontiers in Human Neuroscience*. vol 14, 2020.

FLOR H. Cortical reorganisation and chronic pain: implications for rehabilitation. *J Rehabil Med.* 2003 May;(41 Suppl):66-72. doi: 10.1080/16501960310010179. PMID: 12817660.

FRANK, A. Low back pain. *BMJ.* 1993;306:901–909, 1993.

FRÖHLICH, F. Capítulo 13 - Imagem de rede funcional com MRI. *Network Neuroscience, Academic Press, 2016*, Pages 177-185.

FRYMOYER, J. W. Back pain and sciatica. *N Engl J Med.* 1988;318:291–300.

GREENSPAN, J. D. et al. Pain sensitivity alterations as a function of lesion location in the parasyllvian cortex. *Pain.* 1999;81:273–282.

GUSTIN, S. M. et al. Pain and Plasticity: Is Chronic Pain Always Associated with Somatosensory Cortex Activity and Reorganization? *Journal of Neuroscience* 24 October 2012, 32 (43) 14874-14884; DOI: 10.1523/JNEUROSCI.1733-12.2012.

HAN, F. et al. Correlação entre a conectividade funcional relacionada ao tálamo e os níveis séricos de BDNF durante a fase periovulatória da dismenorreia primária. *Front Hum Neuroscience*, 2019.

HART, L. G. et al. Physician office visits for low back pain. Frequency, clinical evaluation, and treatment patterns from a U.S national survey. *Spine.* 1995;20:11–19.

HENAFF, M. et al. Spectral Networks and Locally Connected Networks on Graphs. pré-impressão arXiv, p. 14, 2015.

JOO, S. W. et al. Controle executivo aberrante e redes auditivas na esquizofrenia de início recente. *Neuropsychiatr Dis Treat.* 2020; 16: 1561-1570.

KAWAHARA, J. et al. BrainNetCNN: Convolutional neural networks for brain networks; towards predicting neurodevelopment, *NeuroImage*, Volume 146, 2016, Pages 1038-1049, ISSN 1053-8119, <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.09.046>.

KENSHALO, D. R. Jr, Isensee O. Responses of primate SI cortical neurons to noxious stimuli. *J Neurophysiol.* 1983;50:1479–1496.

KENSHALO, D. R. Jr; Chudler EH, Anton F; Dubner R. SI nociceptive neurons participate in the encoding process by which monkeys perceive the intensity of noxious thermal stimulation. *Brain Res.* 1988;454:378–382.

LEE, M. H.; Smyser, C. D.; Shimony, J. S. FMRI de estado de repouso: uma revisão de métodos e aplicações clínicas. *American Journal of Neuroradiology*, outubro de 2013, 34 (10) 1866-1872.

LEE, W. H.; FRANGO, S. Vinculando conectividade funcional e propriedades dinâmicas de redes em estado de repouso. *Sci Rep* 7, 16610 (2017).

LINNMAN, C et al. Neuroimaging of the periaqueductal gray: state of the field. *Neuroimage.* 2012;60(1):505-522. doi:10.1016/j.neuroimage.2011.11.095.

LIU, S. et al. Early diagnosis of Alzheimer’s disease with deep learning. In: IEEE ISBI, Beijing, IEEE, pp. 677–680, 2014.

LIU, C. et al. Diferença da atividade cerebral espontânea em adultos saudáveis com duas constituições corporais diferentes: um estudo de imagem por ressonância magnética funcional em estado de repouso. *J. Clin. Med.* 2019.

LI, F. et al. Robust Deep Learning for Improved Classification of AD/MCI Patients. In: Proceedings of MICCAI 2014 Machine Learning in Medical Imaging (MLMI) Workshop, pp. 240–247, 2014.

Li, C.; TIAN, L. Association between Resting-State Coactivation in the Parieto-Frontal Network and Intelligence during Late Childhood and Adolescence, 2014.

LOTSCH, J.; ULTSCH, A. “Machine learning in pain research.” *Em: Pain*, 159(4), 623-630, 2017.

MAIHOFNER, C. et al. Functional imaging of allodynia in complex regional pain syndrome. *Neurology.* 2006 Mar 14;66(5):711-7. doi: 10.1212/01.wnl.0000200961.49114.39. PMID: 16534108.

MANIADAKIS, N.; GRAY, A. The economic burden of back pain in the UK. *Pain.* 2000;84:95–103.

MANION, J. et al. Developing modern pain therapies. *Frontiers in Neuroscience* 2019;13:1-22.

MERSKEY, H.; BOGDUK, N. Classification of chronic pain, 1994.

- MUNSELL, B. C. et al. Evaluation of machine learning algorithms for treatment outcome prediction in patients with epilepsy based on structural connectome data. *NeuroImage*, 118 (2015), pp. 219-230.
- PIONER, M. et al. Pain affect without pain sensation in a patient with a postcentral lesion. *Pain*. 1999;81:211–214.
- PRAEMER, A. et al. Musculoskeletal conditions in the United States. AAOS; Rosemont: 1992. pp. 1–99.
- RAJA, Srinivasa N. et al. “The revised International Association for the Study of Pain definition of pain: concepts, challenges, and compromises.” *Pain* vol. 161,9 (2020): 1976-1982. doi:10.1097/j.pain.0000000000001939.
- RUSSEL, S.; P. NORVIG. Inteligência Artificial. Em: A gestão da inteligência artificial (1943-1955), pp. 41 e 843, 2013.
- SANTANA, A. N. et al. Usando aprendizado profundo e fMRI de estado de repouso para classificar condições de dor crônica, 2019.
- SEMINOWICZ, D. A. et al. Effective Treatment of Chronic Low Back Pain in Humans Reverses Abnormal Brain Anatomy and Function. *Journal of Neuroscience* 18 May 2011, 31 (20) 7540-7550; DOI: 10.1523/JNEUROSCI.5280-10.2011.
- SILVA, M. C et al. Chronic low back pain in a Southern Brazilian adult population: prevalence and associated factors. *Cad Saude Publica*. 2004;20(2):377-85.
- VILLEMURE, C.; BUSHNEL, M. C. Mood influences supraspinal pain processing separately from attention. *J Neurosci*. 2009;29:705–715. This is the first study to dissociate the circuitry involved in emotional and attentional modulation of pain.
- WANG et al., 2009. Cortical changes in chronic low back pain: Current state of the art and implications for clinical practice. doi: 10.1016/j.math.2010.06.008. Epub 2010 Jul 23. PMID: 20655796.
- WAND, BM. et al. Cortical changes in chronic low back pain: current state of the art and implications for clinical practice. *Man Ther*. 2011 Feb;16(1):15-20. doi: 10.1016/j.math.2010.06.008. Epub 2010 Jul 23. PMID: 20655796.
- WILLIS, WD Jr. Central nervous system mechanisms for pain modulation. *Appl Neurophysiol*. 1985;48(1-6):153-65. doi: 10.1159/000101121. PMID: 3017206.
- WOLLER, S. A. et al. An overview of pathways encoding nociception. *Clin Exp Rheumatol* 2017; 35 (Suppl. 107): S40-S46.
- YANG, Z. et al. Deep learning for cerebellar ataxia classification and functional score regression. In: *Proceedings of MICCAI 2014 Machine Learning in Medical Imaging (MLMI) Workshop*. Springer International Publishing, Cham, pp. 68–76, 2014.
- YOO, Y. et al. Deep learning of image features from unlabeled data for multiple sclerosis lesion segmentation. In: *Machine Learning in Medical Imaging*. Springer International Publishing, Cham, pp. 117–124, 2014.

ZHANG, S. et al. Resting-state connectivity in the default mode network and insula during experimental low back pain, 2014.



# **Engenharia Moderna:** Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria 3

-  [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)



# **Engenharia Moderna:** Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria 3

-  [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)