



# As **engenharias** agregando conhecimento em setores emergentes de **pesquisa e desenvolvimento 2**

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

**Atena**  
Editora  
Ano 2022



# As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento 2

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

**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

Gabriel Motomu Teshima

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-Não-Derivativos 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



# As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento 2

**Diagramação:** Daphynny Pamplona  
**Correção:** Mariane Aparecida Freitas  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Henrique Ajuz Holzmann

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento 2 / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0141-4

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.414222104>

1. Engenharia. I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. 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

Na sociedade atual, onde cada vez mais se necessita de informações rápidas e eficientes, o repasse de tecnologias é uma das formas mais eficazes de se obter novas tendências mundiais. Neste cenário destaca-se as engenharias, as quais são um dos principais pilares para o setor empresarial. Analisar os campos de atuação, bem como pontos de inserção e melhoria dessa área é de grande importância, buscando desenvolver novos métodos e ferramentas para melhoria contínua de processos.

Estudar temas relacionados a engenharia é de grande importância, pois desta maneira pode-se aprimorar os conceitos e aplicar os mesmos de maneira mais eficaz. O aumento no interesse se dá principalmente pela escassez de matérias primas, a necessidade de novos materiais que possuam melhores características físicas e químicas e a necessidade de reaproveitamento dos resíduos em geral. Além disso a busca pela otimização no desenvolvimento de projetos, leva cada vez mais a simulação de processos, buscando uma redução de custos e de tempo.

Neste livro são apresentados trabalho teóricos e práticos, relacionados a área de engenharia, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente. De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais. Sendo hoje que utilizar dos conhecimentos científicos de uma maneira eficaz e eficiente é um dos desafios dos novos engenheiros.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann



## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**


MINIATURIZAÇÃO DE UM ARRANJO LOG-PERÍODICO QUASE-FRACTAL DE ANTENAS DE MICROFITA PARA APLICAÇÕES EM REDES DE COMUNICAÇÃO SEM FIO NA FAIXA DE 2,44 GHZ

Elder Eldervitch Carneiro de Oliveira

Pedro Carlos de Assis Júnior

Vinícius Nunes de Queiroz

Marcos Lucena Rodrigues

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221041>

### **CAPÍTULO 2..... 14**

A NORMATIZAÇÃO COMO MEIO DE INCENTIVO A DISSEMINAÇÃO DAS MICRORREDES ATRAVÉS DE POLÍTICA DE IMPOSTO E TARIFAÇÃO

Kelda Aparecida Godói dos Santos

Pedro André Zago Nunes de Souza

André Nunes de Souza

Haroldo Luiz Moretti do Amaral

Fábio de Oliveira Carvalho

Pedro da Costa Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221042>

### **CAPÍTULO 3..... 27**


ESTUDO DO CONSUMO RESIDENCIAL DE ÁGUA VIA IOT EM RESERVATÓRIO COM CONTROLE DE NÍVEL AUTOMATIZADO

Eduardo Manprin Silva

Luís Miguel Amâncio Ribeiro

Selton de Jesus Silva da Hora

Rogério Luis Spagnolo da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221043>

### **CAPÍTULO 4..... 34**

SISTEMA SUPERVISÓRIO E CONTROLE MIMO ATRAVÉS DE LÓGICA

Márcio Mendonça

Gilberto Mitsuo Suzuki Trancolin

Marta Rúbia Pereira dos Santos

Carlos Alberto Paschoalino

Marco Antônio Ferreira Finocchio

Francisco de Assis Scannavino Junior

José Augusto Fabri


Edson Hideki Koroishi

André Luís Shiguemoto

Celso Alves Corrêa

Kazuyochi Ota Junior

Odair Aquino Campos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221044>

**CAPÍTULO 5..... 50**

**EMPILHADEIRA AUTOMÁTICA**

Camila Baleiro Okado Tamashiro


Edison Hernandez Belon

Gabriel Pucharelli Molina

Filipe Cortez

Joao Victor de Elmos da Silva


Joao Vitor da Silva Santana

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221045>

**CAPÍTULO 6..... 53**

**INTENSIVE RAINFALLS AND IONIZING RADIATION MEASUREMENTS IN FEBRUARY 2020 IN SÃO JOSÉ DOS CAMPOS BRAZIL REGION**

Inacio Malmonge Martin

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221046>

**CAPÍTULO 7..... 62**

**ANÁLISE DE FALHA DE QUEBRA DE MANCAL SNH517 EM FERRO FUNDIDO CINZENTO EN GJL-200 (EN 1561) EM REGIME DE TRABALHO**


Cristofer Vila Nova Fontes

Marcelo Bergamini de Carvalho

João Mauricio Godoy

Sérgio Roberto Montoro

Amir Rivaroli Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221047>

**CAPÍTULO 8..... 71**

**PULSE TRANSIT TIME DETECTS CHANGES IN BLOOD PRESSURE IN RESPONSE TO GALVANIC VESTIBULAR STIMULATION AND POSTURE**


Adriana Pliego Carrillo

Rosario Vega

Daniel Enrique Fernández García

Claudia Ivette Ledesma Ramírez

Enrique Soto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221048>


**CAPÍTULO 9..... 78**

**EVIDENCIA INICIAL DE LAS ACCIONES DE ADAPTACIÓN DE EMPRESAS COLOMBIANAS A LA PANDEMIA CAUSADA POR EL SARS-COV2**

Lucas Adolfo Giraldo-Ríos

Jenny Marcela Sanchez-Torres

Diana Marcela Cardona Román

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221049>

**CAPÍTULO 10..... 85**

**AVALIAÇÃO DO CONFORTO HUMANO DE PISOS MISTOS (AÇO-CONCRETO)**


## SUBMETIDOS A CARGAS DINÂMICAS RÍTMICAS

Elisângela Arêas Richter dos Santos

Karina Macedo Carvalho

Miguel Henrique de Oliveira Costa

José Guilherme Santos da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210410>

## **CAPÍTULO 11..... 100**

### PANORAMA DAS POLÍTICAS DE PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADAS (PPP'S) EM AEROPORTOS BRASILEIROS

Débora Comin Dal Pozzo

Caroline Miola

Humberto Anselmo da Silva Fayal


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210411>

## **CAPÍTULO 12..... 112**

### ENCERRAMENTO DE ATIVIDADE INDUSTRIAL: DIRETRIZES PARA DESENVOLVIMENTO DE PLANOS DE DESATIVAÇÃO

Loiva Zukovski

Marlene Guevara dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210412>

## **CAPÍTULO 13..... 125**

### USO DE INDICADORES SOCIOAMBIENTAIS PARA ANÁLISE DOS IMPACTOS DO USO PÚBLICO NO PARQUE NACIONAL DO PAU BRASIL, PORTO SEGURO - BA

Bianca Rocha Martins

Michele Barros de Deus Chuquel da Silva

Gabriela Narezi

Valter Antonio Becegato

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210413>


## **CAPÍTULO 14..... 138**

### AVALIAÇÃO DE NÍVEL DE MATURIDADE DE CULTURA DE SEGURANÇA EM ORGANIZAÇÃO DO TERCEIRO SETOR

Rodrigo Ferreira de Azevedo

Gilson Brito Alves de Lima

Licínio Esmeraldo da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210414>

## **CAPÍTULO 15..... 152**

### THE EVOLUTION OF REGULATION OF THE AIR NAVIGATION ACTIVITY IN BRAZIL

Marcus Vinicius do Amaral Gurgel


Jefferson Luis Ferreira Martins

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210415>

**CAPÍTULO 16..... 169**

**ESTUDO DE *BACKGROUND* GEOQUÍMICO ambiental em ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA (aid) DA MINERAÇÃO**


Flávio de Moraes Vasconcelos  
Gabriel Melzer Aquino  
Nathália Augusta Ferreira Sales Coutinho  
João Santiago Reis

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210416>

**CAPÍTULO 17..... 183**

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE DRENAGEM ÁCIDA E LIXIVIAÇÃO DE METAIS EM PILHAS DE ESTÉRIL E BARRAGEM DE REJEITOS DE MINERAÇÃO**

Nathália Augusta Ferreira Sales Coutinho  
Flávio de Moraes Vasconcelos  
Hairton Costa Ferreira  
Marcos Rogério Palma  
Denner Dias Ribeiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210417>

**CAPÍTULO 18..... 197**

**ESTUDO DE TRATABILIDADE DA ÁGUA DA CAVA DA MINERAÇÃO RIACHO DOS MACHADOS PARA DESCARTE DO EFLUENTE**


Flávio de Moraes Vasconcelos  
Nathália Augusta Ferreira Sales Coutinho  
Igo de Souza Tavares  
Ernesto Machado Coelho Filho  
Luiz Lourenço Fregadolli

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210418>

**CAPÍTULO 19..... 204**

**MEDIÇÃO DE DESCARGA LÍQUIDA: MÉTODO DO MOLINETE NA BACIA DO RIO JI-PARANÁ (RONDÔNIA)**

Renato Billia de Miranda  
Frederico Fábio Mauad  
Denise Parizotto


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210419>

**CAPÍTULO 20..... 218**

**APLICAÇÃO DE MATRIZ FILTRANTE DESFLUORETADORA, COMPOSTA POR SISTEMA CÉRIA/CARVÃO ATIVADO DE COCO (*Coccus nucifera* L.), EM ÁGUAS COMPLEXAS DO SEMIÁRIDO PARAIBANO**

Carlos Christiano Lima dos Santos  
Poliana Sousa Epaminondas Lima  
João Jarllys Nóbrega de Souza  
Tainá Souza Silva  
Rodrigo Lira de Oliveira  
Carlo Reillen Lima Martins

Ilauro de Souza Lima  
Ana Sabrina Barbosa Machado  
Maria Soraya Pereira Franco Adriano  
Alexandre Almeida Júnior  
Isabela Albuquerque Passos Farias  
Fabio Correia Sampaio

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210420>

**CAPÍTULO 21.....233**

RESPONSIBLE MANAGEMENT OF XANTHATES TO ENSURE THE SUSTAINABILITY OF MINING INDUSTRIES IN LATIN AMERICA


Maria Andrea Atusparia Cierito  
Fredy Castillejo  
Gloria Valdivia  
María Atusparia

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210421>

**CAPÍTULO 22.....251**

COBERTURA DE PILHA DE ESTÉRIL EM CLIMAS SEMI-ÁRIDOS


Flávio de Moraes Vasconcelos  
Nathália Augusta Ferreira Sales Coutinho  
Michael Milczarek  
Rodrigo Dhryell Santos  
Luiz Lourenço Fregadolli

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210422>

**CAPÍTULO 23.....258**

SÍNTESE E QUEBRA DE EMULSÃO ÓLEO EM ÁGUA (O/A) VIA AQUECIMENTO E ADITIVAÇÃO COM NONILFENOL POLIETOXILADO

Heithor Syro Anacleto de Almeida  
Geraldine Angélica Silva da Nóbrega  
Diego Ângelo de Araújo Gomes  
Rafael Stefano Costa Mallak,  
Francisco Klebson Gomes dos Santos  
Alyane Nataska Fontes Viana


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210423>

**CAPÍTULO 24.....268**

DESESTABILIZAÇÃO DE EMULSÃO (O/A) DO PETRÓLEO BRUTO UTILIZANDO ÁLCOOL LAURÍLICO ETOXILADO ALIADO A VARIAÇÃO DA TEMPERATURA

Rafael Stefano Costa Mallak  
Heithor Syro Anacleto de Almeida,  
Geraldine Angélica Silva da Nóbrega  
Francisco Klebson Gomes dos Santos  
Alyane Nataska Fontes Viana  
Diego Angelo de Araujo Gomes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210424>

<b>CAPÍTULO 25.....</b>	<b>280</b>
ESTUDIO PARA EVITAR LA CONTAMINACIÓN POR MEDIO DELA COMBUSTIÓN DEL GAS METANOS IN REALIZAR UNA RECUPERACIÓN ENERGÉTICA	
Vilma Del Mar Amaya Gutiérrez	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210425">https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210425</a>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>285</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>286</b>

## SÍNTESE E QUEBRA DE EMULSÃO ÓLEO EM ÁGUA (O/A) VIA AQUECIMENTO E ADITIVAÇÃO COM NONILFENOL POLIETOXILADO

Data de aceite: 01/02/2022

### **Heithor Syro Anacleto de Almeida**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,  
Centro de Engenharias  
Mossoró - RN  
<http://lattes.cnpq.br/5833053326179641>  
<https://orcid.org/0000-0002-1847-6555>

### **Geraldine Angélica Silva da Nóbrega**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,  
Centro de Engenharias  
Mossoró - RN  
<http://lattes.cnpq.br/2114102220321647>  
<https://orcid.org/0000-0003-2729-1197>

### **Diego Ângelo de Araújo Gomes**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Mossoró - RN  
<http://lattes.cnpq.br/1122632660553343>  
<https://orcid.org/0000-0001-7370-5966>

### **Rafael Stefano Costa Mallak**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,  
Centro de Engenharias  
Mossoró - RN  
<http://lattes.cnpq.br/3399334807775109>

### **Francisco Klebson Gomes dos Santos**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,  
Centro de Engenharias  
Mossoró - RN  
<https://orcid.org/0000-0003-4542-6382>

### **Alyane Nataska Fontes Viana**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,  
Centro de Engenharias  
Mossoró - RN  
<http://lattes.cnpq.br/8467748480864688>

**RESUMO:** Durante os processos de produção de petróleo nos campos maduros grande quantidade de água é injetada a fim aumentar a pressão e realizar a retirada do petróleo, como também outra grande porção de água é usada no processo de dessalinização do petróleo cru com o intuito de remover sais presentes no petróleo extraído. As emulsões de petróleo e água formadas nos processos acima descritos geram problemas nas tubulações que transportam as emulsões como também na indústria, além da contaminação das águas pelo despejo dos resíduos do processo de produção e extração do petróleo. Visando não apenas em evitar tais problemas é importante oferecer um destino adequado aos resíduos da produção, para aproveitar o óleo existente nas emulsões, reutilizar a grande quantidade de água usada nos processos e evitar danos gerados pelo descarte dos resíduos no meio ambiente. No presente trabalho estudou-se a desemulsificação da emulsão O/A de água produzida através do banho termostático com adição de tensoativos não-iônicos do tipo nonilfenol polietoxilado (4 - 6 EO). A metodologia usada neste trabalho incluiu a síntese de emulsões O/A, com teor de 10% (v/v), através da agitação mecânica e como parâmetro de avaliação foi utilizado o teste da garrafa. Para o processo de quebra da emulsão foram utilizados três tensoativos não-iônicos em

diversas concentrações, juntamente com o uso de um banho termostático. Os resultados mostraram que a melhor quebra de emulsão se deu para o nonilfenol 1,8 EO, com 50% de eficiência de separação do óleo para concentrações mais altas. Conclui-se que os tensoativos utilizados podem aumentar quebra da emulsão com o aumento da concentração, mesmo para valores de concentração de tensoativos acima da CMC, além de que o BHL (Balanço Hidrofílico-Lipofílico) do tensoativo utilizado pode ser usado como um fator importante para o processo de quebra.

**PALAVRAS-CHAVE:** Desemulsificação; Tensoativos; Banho termostático; Emulsão O/A.

## SYNTHESIS AND BREAKDOWN OF OIL-IN-WATER EMULSION (O/W) VIA HEATING AND ADDITIVATION WITH POLYETOXYLATED NONYLPHENOL

**ABSTRACT:** During the oil production processes in mature fields, a large amount of water is injected in order to increase the pressure and carry out the removal of oil, as well as another large portion of water is used in the crude oil desalination process in order to remove salts present in the extracted oil. The oil and water emulsions formed in the processes described above generate problems in the pipelines that transport the emulsions as well as in the industry, in addition to the contamination of water by the disposal of residues from the process of production and extraction of oil. Aiming not only to avoid such problems, it is important to offer an adequate destination for production residues, to take advantage of the existing oil in the emulsions, to reuse the large amount of water used in the processes and to avoid damages generated by the disposal of residues in the environment. In the present work, the demulsification of the O/W emulsion of water produced through the thermostatic bath with the addition of non-ionic surfactants of the polyethoxylated nonylphenol type (4 - 6 EO) was studied. The methodology used in this work included the synthesis of O/W emulsions, with a content of 10% (v/v), through mechanical agitation and the bottle test was used as an evaluation parameter. For the process of breaking the emulsion, three non-ionic surfactants were used in different concentrations, together with the use of a thermostatic bath. The results showed that the best emulsion breakage occurred for nonylphenol 1.8 EO, with 50% oil separation efficiency at higher concentrations. It is concluded that the surfactants used can increase emulsion breakage with increasing concentration, even for surfactant concentration values above the CMC, in addition to that the BHL (Hydrophilic-Lipophilic Balance) of the surfactant used can be used as an important factor for the breaking process.

**KEYWORDS:** Demulsification; Surfactants; Thermostatic bath; O/W emulsion.

## 1 | INTRODUÇÃO

Durante o processo de produção de petróleo é comum o aparecimento de água proveniente do mecanismo de recuperação secundária por injeção de água. Devido à turbulência durante o transporte dos resíduos dos processos acima, emulsões de água e óleo – as emulsões podem ser de água em óleo (A/O) ou de óleo em água (O/A) – são formadas, ou devido ao gradiente de pressão existentes no subsolo de onde petróleo é extraído (ARAÚJO, 2004).

As emulsões geram problemas nas tubulações, além da contaminação das águas



pelo despejo dos resíduos do processo de produção e extração do petróleo. Como a emulsão residual apresenta viscosidade mais alta que o petróleo desidratado ele necessita de um custo energético para transporte mais elevado, como também pode causar problemas de corrosão (EVDOKIMOV; LOSEV, 2014).

Visando não apenas em evitar tais problemas é importante oferecer um destino adequado aos resíduos da produção, para aproveitar o óleo existente nas emulsões, reutilizar a grande quantidade de água usada nos processos e evitar danos gerados pelo descarte dos resíduos no meio ambiente.

## 1.1 Características das emulsões de petróleo e legislação

As emulsões podem ser classificadas em óleo em água (O/A), óleo é a fase dispersa e a água a fase contínua; e água em óleo (A/O), água é a fase dispersa e o óleo a fase contínua (IIDA et al., 2007).

Segundo Daltin (2011), uma das regras básicas da tecnologia de emulsões é que tensoativos mais solúveis em água tendem a proporcionar emulsões O/A mais estáveis, e que tensoativos mais solúveis em óleo são mais indicados para emulsões A/O.

Os agentes emulsificantes responsáveis pela estabilidade das emulsões são tensoativos naturais presentes no petróleo bruto. Sjöblom et al. (apud (EVDOKIMOV; LOSEV, 2014) explana que esses tensoativos podem, entre outras substâncias, ser resinas, asfaltenos, ácidos naftenicos e sólidos finos úmido. Porém, é acreditado por Lee (1999) apud (DAAOU; BENDEDOUCH, 2011), que entre esses compostos os asfaltenos sejam os principais responsáveis pela estabilidade da emulsão. As emulsões O/A são estabilizadas por tensoativos de alto BHL e a quebra dessas emulsões pode ser feita pelo aumento da solubilidade do tensoativos em água (DALTIM, 2011).

No caso das emulsões com petróleo brasileiro onde as moléculas de óleo são grandes, as macromoléculas, apresentando ângulo de contato com a água de aproximadamente 90°. Portanto, um agente umectante para desbalancear esse ângulo e assim desestabilizar a emulsão, permitindo que as macromoléculas sejam umectadas pela água ou pelo óleo da emulsão e abandonem a interface (DALTIM, 2011).

O artigo 5º da resolução nº 393 de agosto de 2007, anexo 1, declara que o descarte de água produzida deverá obedecer à concentração média aritmética simples mensal de óleos e graxas de até 29 mg/L, com valor máximo diário de 42 mg/L.

## 1.2 Mecanismos envolvidos na quebra de emulsão

**Sedimentação.** A sedimentação juntamente com a ascensão ocorre em virtude da diferença de densidade existente nas fases internas e contínua da emulsão. Esse movimento foi estudado por Stokes, que deduziu uma fórmula para calcular a velocidade de ascensão ou sedimentação de uma gotícula esférica em uma fase contínua (DALTIM, 2011).

**Floculação.** Segundo Araújo (2004) a floculação é um aglomerado de gotas em agregados irregulares nos quais ainda é possível reconhecer cada gota de forma individual. Dessa forma, a floculação consiste na formação de agregados de gotas que podem sedimentar rapidamente, e se as condições forem favoráveis as gotas podem sofrer coalescência.

**Coalescência.** A coalescência é um fenômeno irreversível no qual as gotas perdem a sua identidade e na maioria dos casos é a etapa lenta do processo de quebra da emulsão (ARAÚJO, 2004).

### 1.3 Considerações sobre os produtos desemulsificantes e propriedades dos tensoativos

Segundo Araújo (2004), a eficiência dos produtos desemulsificantes à base de copolímeros de óxido de etileno e propileno é muito dependente da relação entre as partes hidrofílicas e lipofílicas (BHL).

Nas pesquisas realizadas por Khutoryanskil et al. (1981), utilizando produtos desemulsificantes à base de copolímeros de óxido de etileno e propileno, revelaram que os produtos mais eficientes são aqueles situados na faixa de BHL entre 6,8 e 8,8.

**Balanço Hidrofílico-Lipofílico.** O conceito de BHL dos tensoativos surgiu em 1949, introduzido por Driffin como uma alteração na regra de Bancroft com o intuito de torná-la mais quantitativa e funcional. Assim, o conceito de HLB nada mais é que um balanço quantitativo entre as características hidrofílicas e lipofílicas de uma molécula em solução (DALVIN, 2011). Abaixo o quadro 1 relaciona a aplicação comum do tensoativos com seu BHL.

BHL	Aplicação
3-6	Emulsificante A/O
7-9	Agente molhante
8-14	Emulsificante O/A
9-13	Detergente
10-13	Solubilizante
12-17	Dispersante

Quadro 1 – Aplicação do tensoativos em função do BHL.

Fonte: (HOLMBERG et al., 2007).

**Concentração micelar crítica.** O agregado molecular, de tamanho coloidal, em equilíbrio com as moléculas a partir das quais são formadas é chamado de micela (DELNUNZLO, 1990). Sua formação ocorre a partir de uma certa concentração, chamada de Concentração Micelar Crítica (CMC), quando as moléculas adicionadas se reúnem em agregados com a parte polar em contato com a água e suas camadas hidrófobas orientadas para o interior, para poder ter um mínimo de superfície em contato com o

diluyente (SCRIVEN, 1977).

## 2 | METODOLOGIA

Os experimentos foram desenvolvidos no laboratório de Físico-Química do Instituto Federal do Rio Grande do Norte- IFRN, Campus Mossoró.

### 2.1 Preparo das emulsões

As emulsões foram sintetizadas utilizando 180 mL de água destilada e 20 mL de petróleo bruto submetidos a agitação mecânica, utilizando um agitador *Hamilton Beach* HM D200-CE, a 16000 rpm durante 10 min.

#### 2.1.1 Adição do tensoativo

Foram utilizados três tensoativos comerciais para a quebra de emulsão. Os tensoativos escolhidos são descritos na tabela 1.

Produto	Descrição Química	Aparência a 25 °C	HBL	CMC (g/L)*
<b>R18</b>	Nonilfenol 1,8 EO	Líquido	5,3	0,0430
<b>R40</b>	Nonilfenol 4 EO	Líquido	8,9	0,0922
<b>R60</b>	Nonilfenol 6 EO	Líquido	10,9	0,57357

Tabela 1 – Informações dos tensoativos.

Fonte: (Adaptando de Oxiteno® YSAMBERTT et al.\*, 1998).

Dessa maneira, a adição do tensoativos foi feita após a adição da emulsão a um tubo cônico, e em seguida foi feita a homogeneização da solução por meio de inversões.

#### 2.1.2 Efeito da temperatura e teste da garrafa

Para avaliar a influência da temperatura durante a desmulsificação foi utilizado um Banho Ultratermostático FANEM 116. Um tubo cônico graduado específico para medir a quantidade de água e sedimentos foi introduzido no banho termostático, onde foram feitas aferições, com intervalo de 10 minutos, sobre a quantidade de óleo bruto separado. A faixa de temperatura utilizada durante o processo varia entre 25 a 70° C.

A avaliação da quantidade de óleo separada, conseqüentemente da eficiência do desmulsificante, foi feita pelo teste da garrafa a partir da utilização de um tubo cônico cilíndrico graduado, indicado na figura 1, que permite medir a quantidade de óleo separado da emulsão durante o aquecimento.

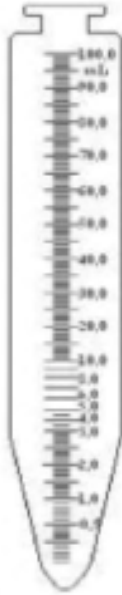


Figura 7 – Tudo cônico graduado.

Fonte: (ARAÚJO, 2004).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Concentração de tensoativo versus volume de óleo separado

As emulsões contidas neste tópico apresentam teor de 10% O/A e ausência significativa de eletrólitos.

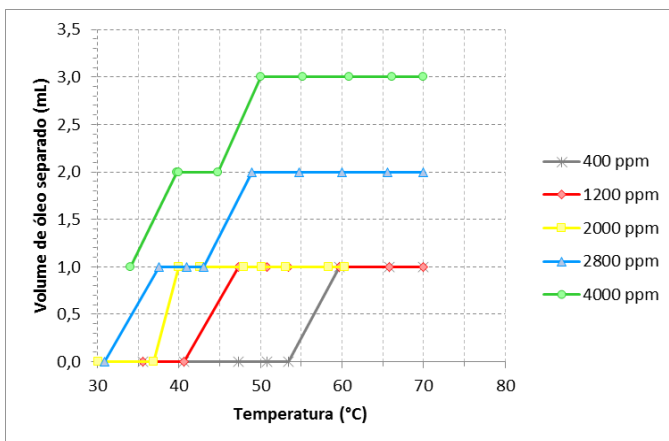


Gráfico 1 – Volume de óleo separado da água em função da temperatura para o R18.

Fonte: (Autoria própria, 2015).

Analisando o gráfico 1, pode-se observar que a estabilização na separação do óleo

da emulsão usando o R18 ocorreu por volta de 50 °C, com exceção da concentração em 400 ppm, onde a estabilização só ocorreu em 60 °C. Como já esperado, a quebra da emulsão foi ocorrendo de acordo com o aumento da temperatura, que está de acordo com trabalhos realizados de maneira semelhante por DE SARLES et al. (2014) e DUAN et al. (2014). É perceptível que o aumento da temperatura favorece a atuação do tensoativos, visto que nas concentrações de 4000 ppm e 2800 ppm foram encontrados os melhores resultados de quebra da emulsão, com 2 mL de óleo separado.

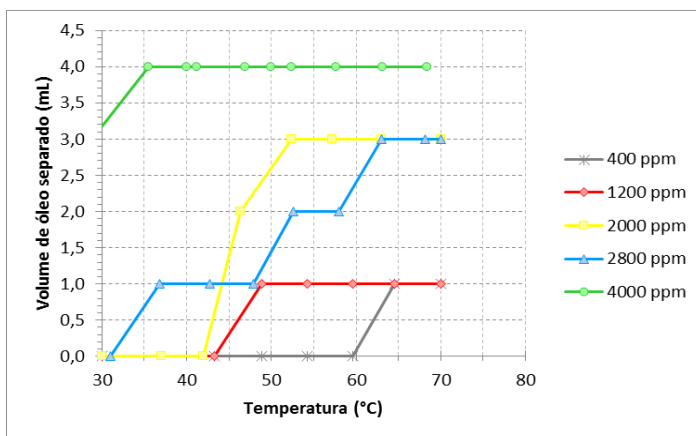


Gráfico 2 - Volume de óleo separado da água em função da temperatura para o R40.

Fonte: (Autoria própria, 2015).

O gráfico 2 mostra o volume de óleo separado por aquecimento em 5 concentrações diferentes de R40.

De acordo com o gráfico 2, nota-se que a estabilização da separação de óleo da emulsão usando o R40 ocorreu por volta de 60 °C, com exceção da concentração em 400 ppm, onde a estabilização só ocorreu em 65 °C. Seguindo o comportamento esperado, a quebra da emulsão ocorre a medida que aumenta a temperatura. Porém, a atuação do tensoativos ao longo das variadas concentrações não ocorre seguindo um padrão nítido. As concentrações de 2000 ppm e 2800 ppm obtiveram melhores valores de quebra de emulsão, em comparação as outras concentrações, ambos com 3 mL de óleo separado. Porém, a concentração de 4000 ppm não teve um bom resultado, com apenas 1 mL de óleo separado. Os melhores resultados podem ser explicados tendo em vista uma maior proximidade do BHL do R40 (8,9) que o R18 (5,3) da faixa de otimização de desemulsificantes, 6,8 e 8,8 (KHUTORYANSKII et al.).

O gráfico 3 mostra o volume de óleo separado por aquecimento em 5 concentrações diferentes de R60.

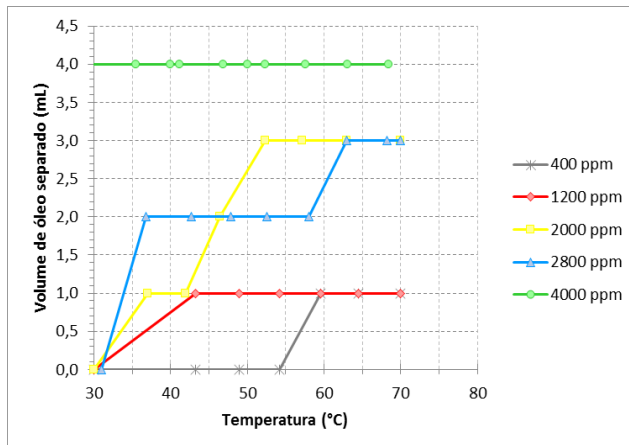


Gráfico 3 - Volume de óleo separado da água em função da temperatura para o R6-.

Fonte: (Autoria própria, 2015).

A partir do Gráfico 3, nota-se que a estabilização da separação de óleo da emulsão usando o R60 ocorreu por volta de 60 °C, com exceção da concentração de 2800 ppm, onde a estabilização só ocorreu em 63 °C. Seguindo o comportamento esperado, a quebra da emulsão ocorre a medida que aumenta a temperatura. Porém, diferente dos tensoativos anteriores, na concentração de 4000 ppm não houve separação de óleo da emulsão. Já nas concentrações de 2000 ppm e 2800 ppm houveram bons resultados, ambos com 3 mL de óleo separado.

A concentração de 400 ppm, nos três tensoativos utilizados, realizou a quebra da emulsão apenas na faixa de temperatura entre 50 °C e 60 °C. Isto deve-se ao efeito da temperatura sobre a CMC dos tensoativos, onde o aumento da temperatura causa redução da CMC dos tensoativos não-iônicos, como mostra o estudo de MIRANDA (2008).

### 3.2 Concentração de tensoativos versus eficiência de extração

As emulsões preparadas continham teor de 10%, em volume, de O/A, em 80 mL emulsão coletados para o teste da garrafa. A quantidade máxima de óleo presente nas emulsões era de 8 mL, assim foi possível realizar a construção de uma tabela que relaciona a eficiência da extração do óleo das emulsões com a concentração do tensoativos em cada ensaio experimental. O cálculo da eficiência de extração foi realizado utilizando a equação 1.

$$Eficiência = \frac{volume\ de\ óleo\ separado}{volume\ total\ de\ óleo} \cdot 100\% \quad (1)$$

TENSOATIVO	CONCENTRAÇÃO				
	400 ppm	1200 ppm	2000 ppm	2800 ppm	4000 ppm
R18	12,5%	12,5%	12,5%	25%	37,5%
R40	12,5%	12,5%	37,5%	37,5%	50%
R60	12,5%	12,5%	37,5%	37,5%	50%

Tabela 3 – Eficiência de extração versus Concentração dos Tensoativos.

Fonte: (Autoria própria, 2015).

Analisando a tabela 3, vemos que os melhores resultados são encontrados para as concentrações mais altas, além que a concentração de 4000 ppm, realizou a quebra de 50% da quantidade de óleo separado da emulsão para o R40 e R60.

## 4 | CONCLUSÕES

Com este trabalho, concluímos que mesmo com um BHL não adequado para a desemulsificação, os tensoativos utilizados apresentaram um desempenho razoável para o processo de quebra de emulsão. Concentrações acima da CMC não apresentam resultados significativos para a quebra de emulsão visto que há formação de micelas e estas favorecem a estabilidade da gotícula do óleo na água.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPQ à UFERSA e ao IFRN pelo apoio e incentivo a pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. M. S. de. **Estudo de quebra de emulsões de petróleo utilizando microemulsões e célula de desidratação eletrostática**. 2004. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte. 2004.

DAAOU, M.; BENEDEDOUCH, D. Water pH surfactant addition effects on the stability of an Algerian crude oil emulsion. **Journou of Saudi Chemical Society**. Irã, p. 333-337, 1 jul. 2011.

DALTIN, Decil. **Tensoativos: Química, propriedades e aplicações**. São Paulo: Blucher, 2011.

EVDOKIMOV, Igor N.; LOSEV, Aleksandr P.. Microwave treatment of crude oil emulsions: Effects of water content. **Journal of Petroleum Science And Engineering**. Moscou, Russia, p. 24-30, 15 fev. 2014.

DELNUNZLO, M. J. Tensoativos e suas aplicações básicas. **Aerossol & Cosméticos**, p. 14-22, 1990.

DE SARLES, V. N. G. de; SALDANHA, M. C. G. G.; DOLINSKY, M. C. B.; SIMÕES, A. L. C. Avaliação da eficiência da separação da água do óleo com produtos químicos de base polimérica. **Revista de Engenharia da Universidade Católica de Petrópolis**, v. 8, n. 2, p. 56-67, 2014.

DUAN, M.; MA, Y.; FANG, S.; SHI, P.; ZHANG, J.; JING, B.; Treatment of wastewater produced from polymer flooding using polyoxyalkylated polyethyleneimine. **Separation and Purification Technology**, v. 133, p. 160-167, 2014

IIDA, P. H.; SCHEER, A. P.; WEINSCHUTZ, R. Estudo do efeito da água em emulsões de petróleo. In: 4º **CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS**. Campinas - Sp: Abpg, 2007. v. 4, p. 21 – 24.

KHUTORYANSKIL, F. M.; LEVCHENKO, N.do; NIKOLAEVA, N. M.; MAKAL'SKAYA, E. N. Efficiency of demulsifiers of diproksamin type in relation to HLB. **Petroleum and Gas Processing**, [s.1.], 6, 50-51, 1981.

SCRIVEN, L. E. **Micellization solubilization and microemulsions**. New York: Plenum Press, 1977. V. 2.



## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Ações humanas rítmicas 85, 87, 98

Aeroporto 100, 103, 104, 106, 107, 108, 110

Água 15, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 103, 115, 122, 124, 169, 170, 171, 172, 174, 180, 181, 184, 194, 195, 197, 198, 199, 202, 203, 204, 205, 208, 209, 210, 216, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 229, 230, 231, 252, 253, 254, 255, 256, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 274, 275, 276, 277, 279

Análise de conforto humano 85, 97

Análise de vibração 62, 63, 64, 65, 66, 98

Áreas contaminadas 112, 114, 115, 116, 117, 120, 122, 123, 124, 170, 181

### B

Background geoquímico 169, 170, 171, 172, 173, 176, 178, 180, 181, 182

Banho termostático 258, 259, 262, 269, 274

### C

Cobertura de pilha de estéril 251

Comunicação sem fio 1

Concessões 100, 108, 109, 110, 135

Consumo de água 27, 28, 29, 30, 32, 220

Controle de nível 27, 28, 29, 30, 31

Controle Fuzzy-PID 35

Cultura 27, 61, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 146, 148, 149, 150, 151, 168, 232

Curva de koch 1

### D

Desativação de atividades 112

Desativação De Atividades 112, 113, 119

Descarte emergencial 197, 198

Desemulsificação 258, 259, 266

Desestabilização da emulsão 269, 273

Desfluoretação 219

Drenagem ácida de mina 184, 252

## **E**

Emulsão O/A 258, 259, 269

Energias renováveis 14, 15, 16, 17, 20, 232

## **F**

Fermentação alcoólica 35, 36, 39, 41, 44, 48

Ferro fundido cinzento 62, 64

Fluorose 219, 220

## **I**

IoT 2, 27, 28, 29, 33

## **L**

Lixiviação de metais 183, 185, 186, 187, 193, 194, 195, 252

## **M**

Mancal 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70

Maturidade 138, 139, 142, 143, 144, 146, 147, 148, 149, 150

Medição de grandes rios 204

Método do molinete 204, 205, 215

Microrredes 14, 15, 21, 23, 24

Mineração de ouro 197, 251

## **N**

Normas 13, 24, 79, 97, 98, 102, 105, 112, 113, 115, 116, 117, 119, 122, 134, 139, 141, 142, 181, 195, 203, 281

Normatização 14, 15, 17, 18, 20, 24

## **O**

Organização 15, 28, 128, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 220

## **P**

Parcerias público-privadas 100, 102, 103, 104, 109, 110

Pisos mistos de edificações 85

## **Q**

Qualidade da energia 14, 19, 20

Quebra da emulsão 258, 259, 261, 264, 265, 269, 273, 274

## **R**

Recirculador 62, 63, 69, 70

Residencial 27, 29, 31

## **S**

Segurança 18, 20, 21, 39, 43, 50, 106, 118, 120, 133, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 148, 149, 150, 151

Separação O/A 269

Setor aeroportuário 100, 101, 109

Sistema multivariável 35

Sistemas supervisórios 35, 36

Sustentabilidade 17, 20, 102, 116, 123, 219

## **T**





Tensoativos 258, 259, 260, 261, 262, 264, 265, 266, 268, 269, 270, 271, 272, 274, 275, 276, 277, 278, 279

## **V**

Vazão 27, 31, 172, 198, 204, 205, 208, 209, 212, 213, 214, 215, 216



# As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento 2

-  [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)



# As **engenharias** agregando conhecimento em setores emergentes de **pesquisa e desenvolvimento 2**

-  [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)