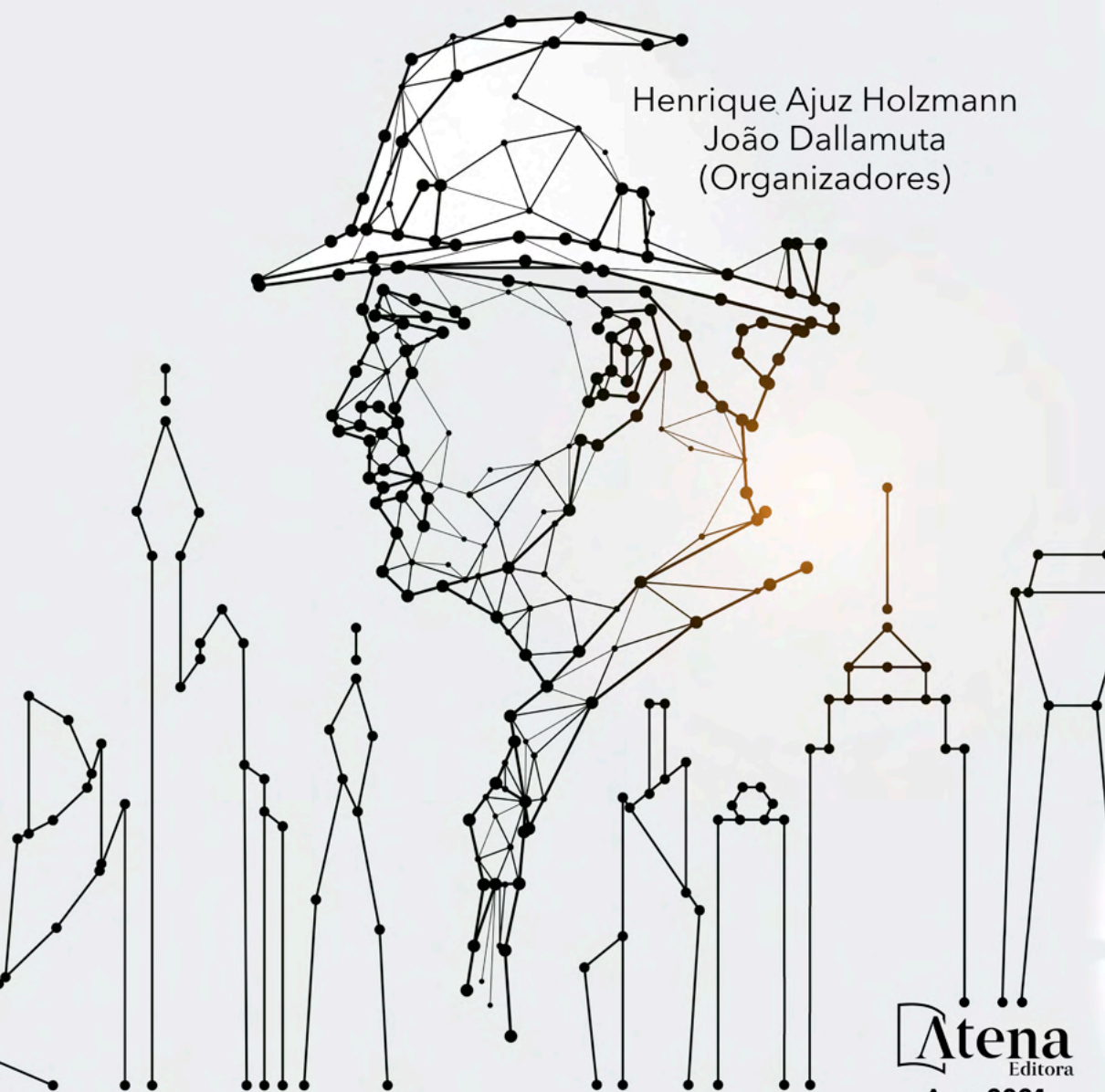


Engenharias:

da genialidade à profissão e
seu desenvolvimento

2

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)



Atena
Editora

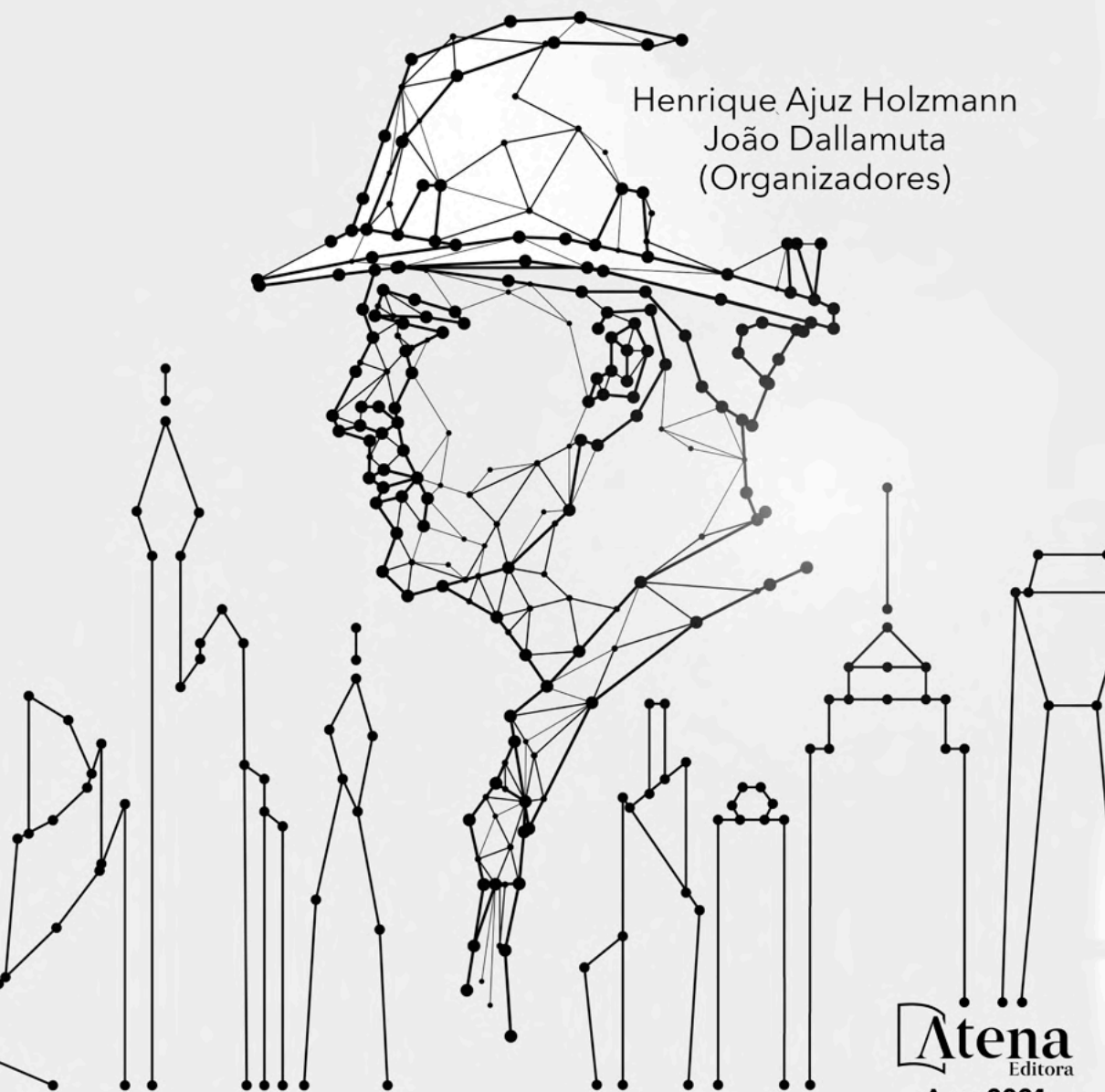
Ano 2021

Engenharias:

da genialidade à profissão e
seu desenvolvimento

2

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)



Atena
Editora

Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

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.

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 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 Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Engenharias: da genialidade à profissão e seu desenvolvimento 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Bruno Oliveira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia: da genialidade à profissão e seu desenvolvimento 2 / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-624-6
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.246211811>

1. Engenharia. I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Dallamuta, João (Organizador). III. 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
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; 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

O ramo das engenharias veem ganhando cada vez mais espaço no decorrer dos anos, sendo hoje um dos principais pilares para o setor empresarial. Analisar os campos de atuação, bem como pontos de inserção e melhoria dessa desta área é de grande importância, buscando desenvolver novos métodos e ferramentas para melhoria continua de processos.

Desta forma 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

João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANÁLISE MODAL E REPRESENTAÇÃO MUSICAL APLICADAS AO DESIGN DE ESTÚDIOS DE PRODUÇÃO FONOGRÁFICA

José Augusto Mannis

Tiago Ferreira Mattos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2462118111>


CAPÍTULO 2..... 33

A REVOLUÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 E OS PASSOS PARA SUA APLICAÇÃO NA MINERAÇÃO

Rafaela Baldi

Karina Livia Ribeiro Vieira


Mariana Ivo Machado Fernandes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2462118112>

CAPÍTULO 3..... 44

CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DAS ROCHAS ENCAIXANTES DA CAMADA DE CARVÃO BARRO BRANCO DA BACIA CARBONÍFERA SUL-CATARINENSE

Clovis Gonzatti

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2462118113>

CAPÍTULO 4..... 73

REAPROVEITAMENTO DE FINOS DE PEDREIRAS: A UTILIZAÇÃO DO PÓ DE ROCHA COMO REMINERALIZADOR DE SOLO

Ana Olivia Barufi Franco-Magalhães

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2462118114>

CAPÍTULO 5..... 80

BIODIGESTÃO DE POME COMO ALTERNATIVA ENERGÉTICA E AMBIENTAL EM PLANTA DE PRODUÇÃO DE ÓLEO DE PALMA

Daniel Dominguez Carvajal


Ana Marcela Mosquera Mena

John Alejandro Ruiz

Francisco José Molina Pérez

Carlos Alberto Peláez Jaramillo

Mariana Peñuela Vásquez


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2462118115>







CAPÍTULO 6..... 88



AULA PRÁTICA DE MONTAGEM DE UMA UNIDADE SANITÁRIA DE PLÁSTICO RECICLADO RELATO DE EXPERIÊNCIA

Maria Aridenise Macena Fontenelle

Thaís Russiely Guedes Martins

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2462118116>

CAPÍTULO 7	98
DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA LAGOA DO COLOSSO, MUNICÍPIO DE FORTALEZA, CEARÁ: CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO INSTITUTO FEDERAL DO CEARÁ - IFCE	
Georgia Kelly Terto Galvao	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.2462118117	
CAPÍTULO 8	104
MEASUREMENTS OF GAMMA, NEUTRONS, RAINFALLS, AND POSSIBLE CORRELATIONS IN TROPICAL REGION OF BRAZIL	
Inacio Malmonge Martin	
Mauro Angelo Alves	
Marcelo Pêgo	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.2462118118	
CAPÍTULO 9	111
APLICAÇÃO DO DESACOPLAMENTO ENTRE MALHAS DE CONTROLE EM REATOR CONTÍNUO DE TANQUE AGITADO (CSTR)	
Mário Luiz Pereira Souza	
Emilly Damiani Nunes Prates	
Saulo Fernando dos Santos Vidal	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.2462118119	
CAPÍTULO 10	126
GESTÃO DE FADIGA DE OPERADORES DE CAMINHÕES FORA DE ESTRADA: ESTUDO DE CASO EM UMA MINA A CÉU ABERTO	
Pedro Henrique Evangelista Porto	
Samuel Lourival Diamantino	
Leandro Geraldo Canaan Silveira	
Eduardo Augusto Malta	
Juliano Alves dos Reis	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.24621181110	
CAPÍTULO 11	136
CHARACTERISTICS OF Pb ²⁺ DOPED CsI MATRIX UNDER GAMMA AND NEUTRON EXCITATIONS	
Maria da Conceição Costa Pereira	
Tufic Madi Filho	
José Roberto Berretta	
Lucas Faustino Tomaz	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.24621181111	
CAPÍTULO 12	148
OTIMIZAÇÃO DO SABOR DE UMA BEBIDA UTILIZANDO O MÉTODO DE TAGUCHI	
Matheus Sousa Garreto	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.24621181112	

CAPÍTULO 13.....	161
INTERLIGANDO O CICLISMO	
Alexandre Passos Pagin	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.24621181113	
CAPÍTULO 14.....	165
PERCEÇÃO DOS EGRESSOS SOBRE A QUALIDADE DOS CURSOS DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE – UPM	
Leila Figueiredo de Miranda	
Terezinha Jocelen Masson	
Antonio Hortêncio Munhoz Jr.	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.24621181114	
SOBRE OS ORGANIZADORES	178
ÍNDICE REMISSIVO.....	179

CAPÍTULO 5

BIODIGESTÃO DE POME COMO ALTERNATIVA ENERGÉTICA E AMBIENTAL EM PLANTA DE PRODUÇÃO DE ÓLEO DE PALMA

Data de aceite: 01/11/2021

Data de submissão: 02/08/2021

Daniel Dominguez Carvajal

Universidad de Antioquia, facultad de ingeniería
Medellin – Antioquia

https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001675679

Ana Marcela Mosquera Mena

Universidad de Antioquia, facultad de ingeniería
Medellin – Antioquia

https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001729753

John Alejandro Ruiz

Universidad de Antioquia, facultad de ciencias exactas y naturales
Medellin – Antioquia

https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000000928

Francisco José Molina Pérez

Universidad de Antioquia, facultad de ingeniería
Medellin - Antioquia

https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000038970

Carlos Alberto Peláez Jaramillo

Universidad de Antioquia, facultad de ciencias exactas y naturales
Medellin – Antioquia

https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000026794

Mariana Peñuela Vásquez

Universidad de Antioquia, facultad de ingeniería
Medellin - Antioquia

https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000919926

RESUMO: POME (Palm Oil Mill Effluent) é um resíduo do processo de aceitação de extração de palma; Para 2018, foram geradas 4.887.000 toneladas destes resíduos a nível nacional, o seu elevado teor de matéria orgânica (DQO médio de 60.000 mg O₂ / L) torna-o um problema ambiental que deve ser resolvido com urgência. Para o POME de Puerto Salgar (Colômbia), foi encontrado um COD de 69650 mg O₂ / L e 31543 mg SV / L, o que o torna uma matéria-prima com alto potencial metanogênico. No processo de biodigestão, foi alcançada uma produção média de 25,3 L Biogás / LPOME com uma composição de 58,4% CH₄, 40,4% CO₂, 1,1% O₂ e 1156 ppm de H₂S, apresentando uma redução na carga orgânica de 93%. Os resultados obtidos, além da alta disponibilidade desse resíduo, tornam-no um substrato adequado para processos de digestão anaeróbia voltados para a geração de energia a partir de fontes não convencionais.

PALAVRAS-CHAVE: POME, digestión anaerobia, biogás, DQO, UASB.

BIODIGESTION OF POME AS AN
ENERGY AND ENVIRONMENTAL
ALTERNATIVE IN PALM OIL
EXTRACTORS

ABSTRACT: POME (Palm Oil Mill Effluent) is a

residue from the palm oil extraction process; by 2018 4'887.000 tons of this residue were generated nationally, its high organic content (COD average 60000 mg O₂/L) makes it an environmental problem that must be addressed urgently. For POME from Puerto Salgar (Colombia), a COD of 69650 mg O₂/L and 31543 mg_{sólidos volátiles}/L was found, which makes it a raw material with high methanogenic potential. In the biodigestion process, an average production of 25.3 L_{Biogas} /LPOME was achieved with a composition of 58.4% CH₄, 40.4% CO₂, 1.1% O₂ and 1156 ppm H₂S, with an organic load reduction of 93%. The results obtained, together with the high availability of this residue, make this a suitable substrate for anaerobic digestion processes oriented to the generation of energy from unconventional sources.

KEYWORDS: POME, anaerobic digestion, biogas, COD, UASB.

INTRODUCCIÓN

En el año 2018 en Colombia se registró una producción de 1.7 millones de toneladas de aceite de palma lo que generó un residuo de 4.9 millones de toneladas de POME; es importante resaltar el incremento de la producción de aceite de palma en los últimos años, lo cual ha llevado a un aumento de 46.6% de generación de POME desde el año 2014 [2].

El aumento de la producción ha convertido el POME en un problema ambiental importante, debido a que presenta altos niveles de contaminación, pues es depositado en lagunas de oxidación las cuales requieren de grandes extensiones de tierra y largos tiempos de degradación en contacto directo a la atmósfera arrojando dióxido de carbono y metano, los cuales representa una gran parte de los gases de efecto invernadero [3]. En el presente trabajo se expone la caracterización y el aprovechamiento del potencial energético de POME (Palm Oil Mill Effluent), el cual es un residuo proveniente principalmente de la etapa de esterilización y clarificado en el proceso de extracción de aceite de palma, del cual se estima que por cada tonelada de aceite crudo producido se obtienen en promedio 3 toneladas de POME [1].

Sus características fisicoquímicas y su alta carga orgánica, representada principalmente en residuos lipídicos, hacen del POME un sustrato de gran interés para ser sometido a un proceso de digestión anaerobia como una forma de aprovechamiento energético y así revertir el impacto negativo de estos residuos en las comunidades aledañas a las plantas de procesamiento del fruto y los daños causados al ecosistema acuático disminuyendo la carga orgánica de estos efluentes y permitiendo encontrar una aplicación agroindustrial de las corrientes obtenidas, generando así un valor agregado para el proceso.

Muchos autores presentan la digestión anaerobia como una alternativa promisoría para el tratamiento de los residuos de las plantas extractoras de aceite de palma. Pogaku, *et al.*, (2015) alcanzaron una producción de biogás de 0.7825 litros por kilogramo de POME con una composición de 62.5% CH₄, 37.5% CO₂, y trazas de H₂S [4]. Poh and Chong (2014) en un reactor tipo UASB-HCPB obtienen un biogás con un 52% de metano y una remoción de 88% de DQO [7]. En el 2011 Fang, *et al.* alcanzó rendimiento de metano a partir de

POME de 438 CH₄/g SV con una remoción de 90% en DQO [8].

En el presente trabajo se realiza la caracterización y aprovechamiento energético del POME, por medio de un proceso de digestión anaerobia para la producción de biogás que pueda suplir demandas energéticas en las plantas de extracción de aceite de palma.

METODOLOGÍA

Material

El POME es proveniente de una extractora ubicada en el departamento de Cundinamarca (Colombia).

Caracterización

Se caracterizó el POME siguiendo los lineamientos del Standard Methods [5], realizando pruebas por triplicado de los factores más relevantes como sólidos totales (ST), sólidos volátiles (SV) y sólidos fijos (SF), DQO, carbono orgánico, nitrógeno orgánico, pH, DBO.

Evaluación del POME como sustrato

El proceso se realiza en un reactor de flujo ascendente continuo (UASB) de segunda generación acoplado a un reactor secundario; el reactor secundario cumple la función de finalizar la degradación de materia orgánica que no se degradó en el UASB, el cual trabaja con un flujo diario de aproximadamente 3.96 L distribuido a lo largo de las 24 horas, este flujo contiene en promedio 2.03 L de POME. En la Figura 1, se presenta un esquema del sistema que se utiliza para la degradación anaerobia del POME.

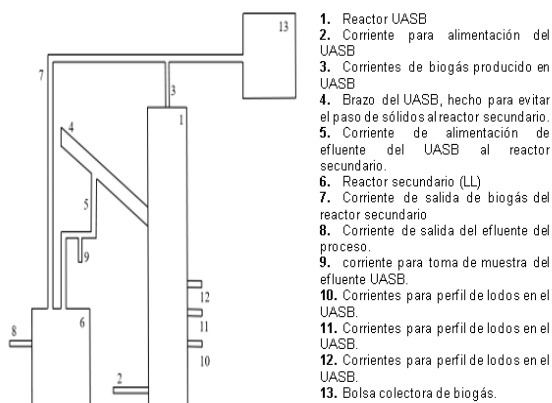


Figura 1. Diagrama del sistema de digestión anaerobia UASB.

Se toman muestras semanalmente, para realizar un control del sistema por medio

de la cuantificación de los parámetros que se consideran pueden afectar la producción de biogás de manera directa, esta cuantificación se realiza principalmente en las corrientes (2), (8), (9) y (13) que se citan en la Figura 1. La cuantificación de estas propiedades se rige bajo los estándares establecidos por el Standard Methods [5], siendo el método (2540) utilizado para la determinación de los sólidos (totales, volátiles y fijos), el método 8000 para determinación de DQO y mediciones de otras variables pH y relación ácidos grasos volátiles y alcalinidad por el método de Kapp [6].

El análisis se lleva a cabo tomando 600 mL de muestra en la corriente 2, 8 y 9 que corresponde a la alimentación, lecho de lodos y UASB, respectivamente. De cada muestra se disponen 150 mL para el análisis de sólidos totales y volátiles, cada análisis se realiza por triplicado; cada muestra se seca en estufa a 105°C por 24 horas para cuantificar sólidos totales y posteriormente en una mufla a 550°C durante 1 hora para cuantificar sólidos volátiles.

Para DQO se toman 20 mL de muestra y se realiza el análisis por triplicado, después de preparar las muestras se agregan a los viales de DQO con micropipeta un volumen de 20 μ L y se ponen a reaccionar en un termoreactor por 2 horas a 150°C, luego de cumplirse el tiempo se dejan reposar hasta llegar a temperatura ambiente y se mide la concentración en un colorímetro de la misma marca del termoreactor¹ el cual tiene como blanco un vial de DQO sin muestra.

Para la medición de pH, cuantificación de ácidos grasos volátiles y alcalinidad, se necesitan alrededor de 125 mL de cada muestra, se centrifugan por 10 minutos y el sobrenadante se titula con ácido sulfúrico 0.1N, este proceso realiza por triplicado. Para el cálculo de ácidos grasos volátiles y alcalinidad se hace uso del método Kapp [6].

Con los datos anteriores se lleva el control de la producción de biogás la cual puede variar debido a inhibiciones que pueda presentar el sistema como aumento en la relación ácidos grasos - alcalinidad, al tener el reactor en funcionamiento se mide la producción específica de biogás cuantificando esta por medio de un medidor de gas² y cuantificación de la composición del mismo por medio de un equipo³, lo cual nos permite saber la proporción de metano, dióxido de carbono, oxígeno y sulfuro de hidrógeno que contiene el biogás.

RESULTADOS

La caracterización del POME se muestra en la Tabla 1. Los resultados del monitoreo del reactor se presentan en las figuras 2, 3, 4, 5 y 6, donde se muestra principalmente el comportamiento de las diferentes variables como sólidos volátiles (SV), DQO, ácidos grasos volátiles (AGV) y alcalinidad (ALK) y la producción de biogás durante el tiempo de monitoreo.

1 Marca HACH

2 Marca Premex

3 GIOTECH BIOGÁS 5000

Parámetros	Promedio	Desviación estándar
ST(mg/L)	39333	± 4481
SV (mg/L)	31236	± 3249
SF (mg/L)	8097	± 1360
DQO (mgO ₂ /L)	69650	± 1866
DBO (mgO ₂ /L)	8500	-
Carbono orgánico (g/L)	23.80	-
Nitrógeno orgánico (g/L)	1.33	-
Relación C/N	17.9	-
pH	3.9	± 0.2

Tabla 1. Caracterización del POME.

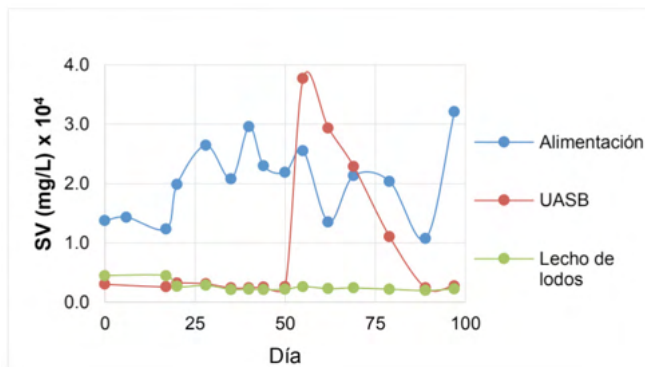


Figura 2. Comportamiento de Sólidos volátiles en el reactor.

En la Figura 2, se observa un pico en el día 55, que representa un incremento en los SV en el UASB, esto como resultado de una sobrecarga en el reactor; sin embargo, la cantidad de SV en el lecho de lodos (reactor secundario) tiene valores que van con el comportamiento normal del reactor, lo que permite decir que esta etapa garantiza obtener una depuración promedio en los sólidos volátiles (SV) en todo el proceso al controlar las sobrecargas.

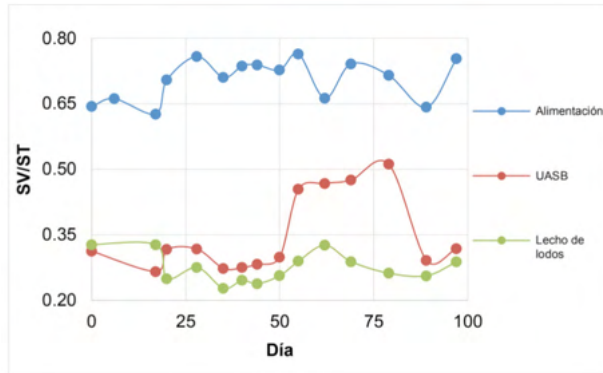


Figura 3. Relación de sólidos volátiles y sólidos totales durante tiempo de monitoreo del proceso.

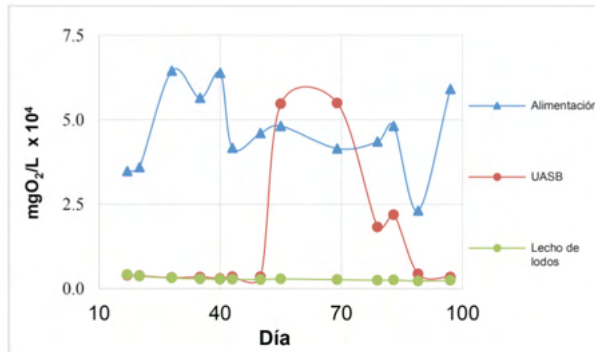


Figura 4. Demanda química de oxígeno del proceso durante tiempo de monitoreo del proceso.

De acuerdo a la Figura 4, se puede apreciar que la mayor depuración de materia orgánica se realiza en el UASB y que el reactor secundario es óptimo para controlar sobrecargas sin necesidad de detener el proceso cuando se presentan.

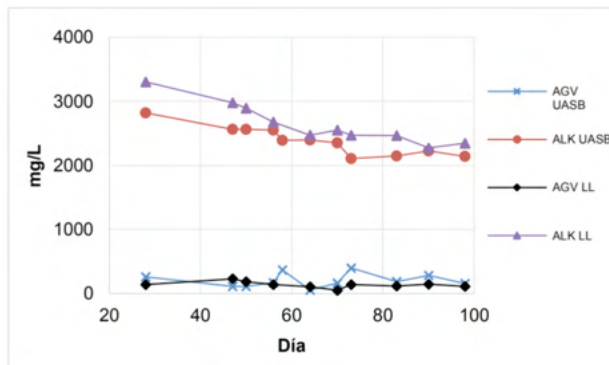


Figura 5. Ácidos grasos volátiles (AGV) y alcalinidad (ALK) durante el monitoreo del proceso tanto en el reactor (UASB) como en el lecho de lodos (LL).

Se mantiene un control de los niveles de AGV y Alcalinidad para evitar sufrir inhibiciones en el sistema por el aumento de esta relación, se puede apreciar que pese a la sobrecarga sufrida el UASB no se ve descompensado y tiende a estabilizarse.

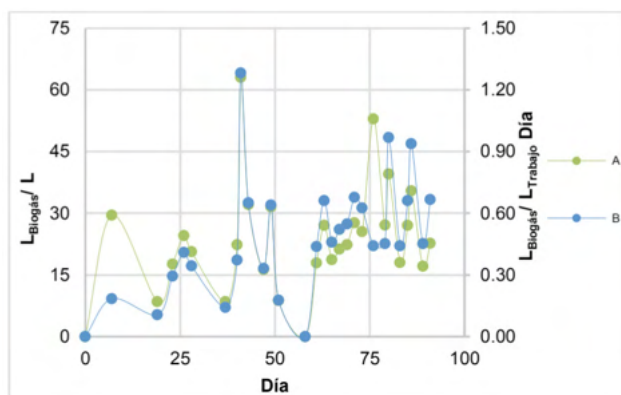


Figura 6. Producción de biogás; A: biogás / volumen de POME, B: producción específica (volumen biogás / (volumen de trabajo – día)

La producción de biogás se ve afectada por el sistema que se empleó para su colecta, siendo modificado (día 40), y dando como resultado una mayor producción debido a que no se contaba con un depósito adecuado que permitiera la adecuada cuantificación de este.

CONCLUSIONES

- A pesar de ser un experimento exploratorio, la biodigestión del POME produce un biogás con una cantidad de metano apreciable (58.4% CH₄, 40.4% CO₂, 1.2% O₂).
- Se logra una remoción de materia orgánica promedio de 93%, indicando que el proceso de digestión anaerobia es un buen proceso para disminuir su impacto ambiental.
- El uso de un reactor secundario garantiza el control de sobrecargas que pueda sufrir el sistema, en donde la cantidad de materia degradada en el UASB disminuye, pero al final del proceso se observa que la remoción se mantiene promedio a la que presenta el sistema cuando está estable.
- Los procesos de digestión anaerobia dan a residuos como el POME un valor energético agregado, contribuyendo así a la valorización de residuos orgánicos y revierten el impacto ambiental que muchos causan tras su disposición final al reducir su carga orgánica que se ve reflejada en la disminución de DQO y sólidos volátiles.

AGRADECIMENTOS

Los autores agradecen al Programa Colombia Científica como fuente de financiación, en el marco de las convocatorias Ecosistema Científico, contrato fp44842- 218-2018

REFERENCIAS

[1] N. Guerrero y E. Elizabeth, «**Estudio sobre la recirculación de agua de producción utilizada para la extracción del aceite crudo de palma**», 2015.

[2] S. de I. estadística del S. P. Sispa, “**Evolución histórica anual de Fruto Procesado en Colombia,**” p. 6000, 2014.

[3] Ling Yu Lang, “**Treatability of palm oil mill effluent (pome) using black liquor in an anaerobic treatment process** by Thesis submitted in fulfilment of the requirements for the degree of Master of Science July 2007 ACKNOWLEDGEMENTS,” no. July, 2007.

[4] R. Pogaku, K. Y. Yong, y V. P. R. Veera Rao, «**Production of Biogas from Palm Oil Mill Effluent**», en *Advances in Bioprocess Technology*, P. Ravindra, Ed. Cham: Springer International Publishing, 2015, pp. 99-112.

[5] L. L. Bridgewater *et al.*, Eds., **Standard methods for the examination of water and wastewater, 23rd edition**. Washington, DC: American Public Health Association, 2017.

[6] Kapp H, **Schlammfäulung mit hohem Feststoffgehalt. Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft, Band 86, Oldenbourg Verlag, Munchen, 300 pp (1984).**

[7] P. E. Poh y M. F. Chong, «**Upflow anaerobic sludge blanket-hollow centered packed bed (UASB-HCPB) reactor for thermophilic palm oil mill effluent (POME) treatment**», *Biomass and Bioenergy*, vol. 67, pp. 231-242, ago. 2014.

[8] C. Fang, S. O-Thong, K. Boe, y I. Angelidaki, «**Comparison of UASB and EGSB reactors performance, for treatment of raw and deoiled palm oil mill effluent (POME)**», *Journal of Hazardous Materials*, vol. 189, n.o 1-2, pp. 229-234, may 2011.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acidente 96, 126

Acústica 1, 2, 3, 11, 18, 25

Agrominerais 73

Água 34, 35, 40, 48, 68, 91, 98, 99, 100, 101, 102, 154, 157, 158

Aplicativo 4, 5, 7, 20, 161, 162, 163, 164

Avaliação de curso 165, 166

B

Biogás 80, 81, 82, 83, 86

C

Caminhão fora de estrada 126, 128, 134

Caracterização geomecânica 44, 45, 46, 59, 69

Carvão 44, 45, 46, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 55, 58, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70

Ciclismo 161, 163, 164

Cintilador 137

Conforto ambiental 1

Controle 5, 6, 18, 25, 32, 37, 40, 96, 111, 112, 113, 114, 115, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 148, 149, 150, 165

Crescimento de cristal 137

D

Desacoplamento 111, 112, 114, 115, 119, 120, 121, 124

E

Educação 36, 88, 90, 97, 98, 111, 161, 165, 166, 175, 176, 177

Egresso 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 175, 176

Engenharia civil 45, 88, 89, 92, 94, 95, 96, 174

Engenharia de áudio 1

Ensaio de laboratório 44, 51, 66, 69

Estúdio 1, 28

G

Gerenciamento de fadiga 126, 128, 129, 134

I

Interligação 161, 162

M

Matriz ortogonal 148, 150, 152, 154, 160

Mercado de trabalho 160, 165, 167, 168, 169, 170, 175

Mineração 33, 38, 39, 40, 42, 43, 45, 46, 70, 73, 75, 79, 126

O

Otimização 35, 37, 40, 69, 112, 148, 151, 160

P

Pedreiras 73, 74, 79

Pó de rocha 73, 74, 75, 76

Produtividade 33, 34, 36, 38, 39, 40, 127, 148, 149, 150, 160

Q

Qualidade 11, 13, 21, 33, 34, 37, 41, 42, 46, 50, 51, 68, 69, 98, 99, 100, 112, 148, 150, 157, 160, 165, 166, 167, 168, 169, 173, 176, 177

R

Radiação de nêutrons 137

Radiação gama 104, 137

Reator 111, 112, 114, 115, 121, 124

Recursos hídricos 98, 99, 102

S

Sala de audição 1

Simulação 1, 3, 5, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 20, 24, 31, 35, 40, 41, 111, 112, 114, 115, 116

Sonolência 39, 126, 127, 128, 129, 131, 134, 135

T


Taguchi 148, 149, 150, 151, 152, 160


Engenharias:


da genialidade à profissão e
seu desenvolvimento

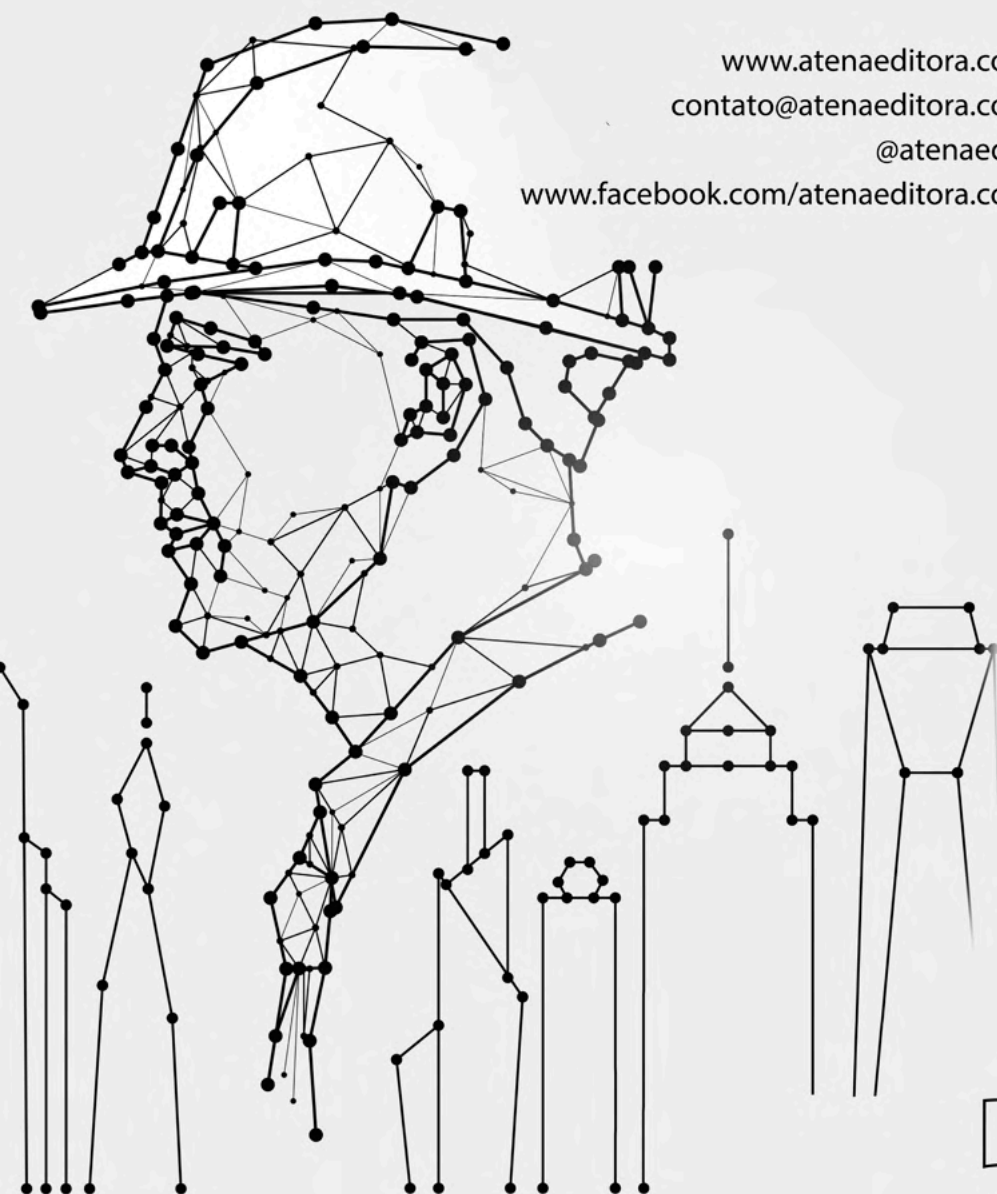
2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 




Atena
Editora


Ano 2021


Engenharias:


da genialidade à profissão e
seu desenvolvimento

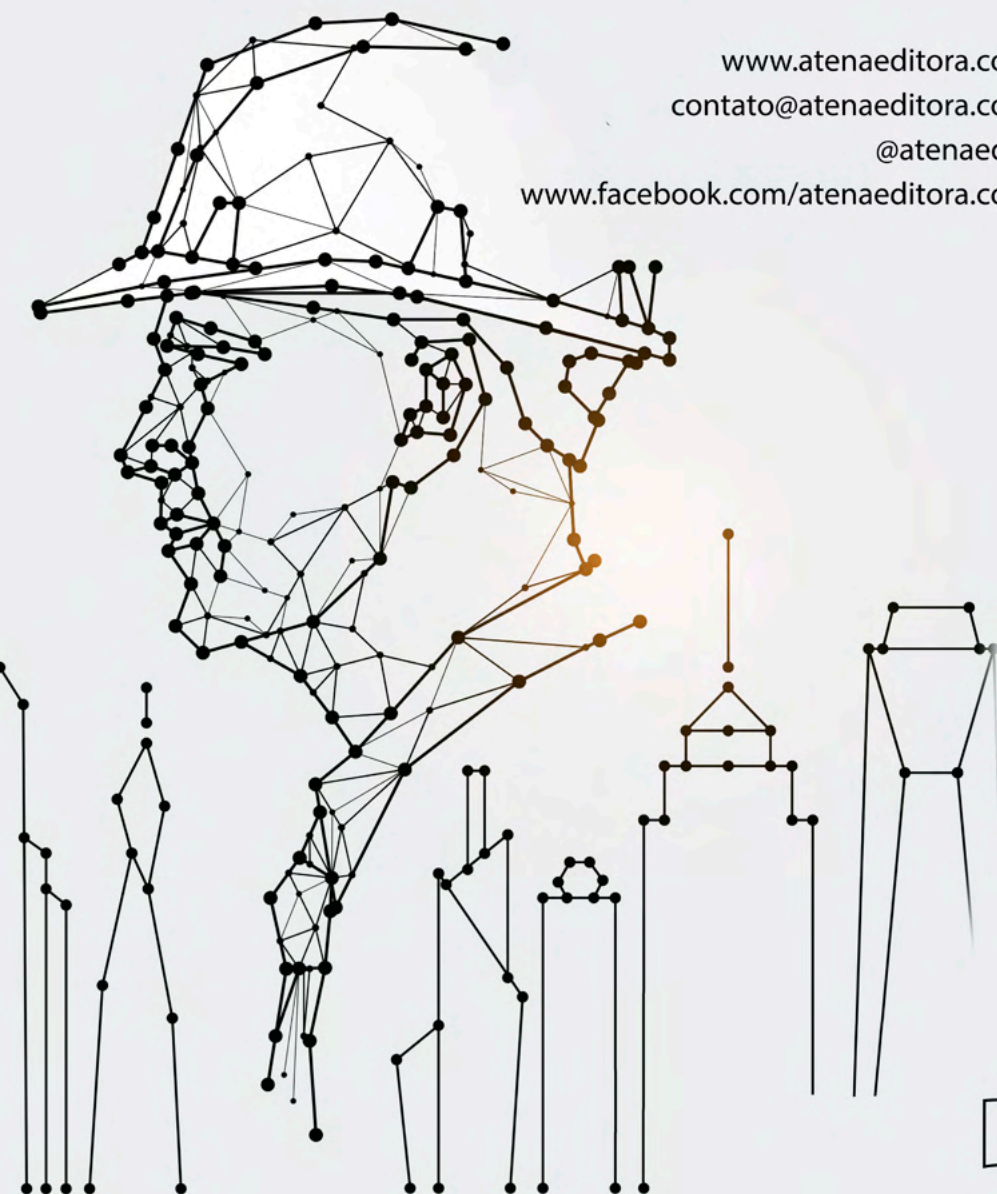
2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 



 Atena
Editora

Ano 2021