

COLEÇÃO  
**DESAFIOS**  
DAS  
**ENGENHARIAS:**

ENGENHARIA AMBIENTAL



CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA  
(ORGANIZADOR)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

COLEÇÃO  
**DESAFIOS**  
DAS  
**ENGENHARIAS:**

**ENGENHARIA AMBIENTAL**



**CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA**  
(ORGANIZADOR)

**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

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

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-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 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



## Coleção desafios das engenharias: engenharia ambiental

**Diagramação:** Gabriel Motomu Teshima  
**Correção:** Yaidy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia ambiental /  
Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. -  
Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-799-1

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.991212112>

1. Engenharia ambiental. I. Paniagua, Cleiseano  
Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 628

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 2021

## 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 e-book: “Coleção desafios das engenharias: Engenharia ambiental” apresenta onze capítulos de livros que foram divididos em duas temáticas: *i)* recuperação e preservação do meio ambiente em seus diferentes ecossistemas e *ii)* desenvolvimento e aplicação de diferentes técnicas de tratamento para remoção de diferentes contaminantes nas mais diversas matrizes aquáticas e os riscos à saúde pela poluição atmosférica proveniente da combustão de biocombustíveis, madeira e tabaco.

O primeiro tema é constituído por seis capítulos que apresentam estudos bem diversificados. O capítulo I apresenta um estudo de caso em relação à compensação ambiental proveniente da instalação de barragem de terra. No segundo, foi investigado a proposta de implementar um programa de recuperação ecológica dos manguezais. Já o terceiro apresenta um estudo de revisão em relação ao descarte inadequado de medicamentos e as inúmeras consequências aos diferentes ecossistemas e organismos vivos. O quarto capítulo apresentou um estudo que avaliou a abertura de novas fontes de águas termais com o intuito de atrair turistas e possibilitar a geração de emprego e renda a partir da abertura destas novas fontes de águas termais localizados em uma região de Portugal. Já o quinto capítulo apresenta um estudo que avaliou a implantação de um sistema fotovoltaico com o intuito de utilizar uma fonte de energia inesgotável em substituição às hidrelétricas e as térmicas que são extremamente caras e oferecem um enorme impacto ambiental se comparado a solar. Por fim, o capítulo VI se dedicou a correlacionar as mudanças climáticas com aspectos hidrofísicos em relação a morfologia das inúmeras bacias hidrográficas.

O segundo tema apresenta cinco capítulos que investigaram diferentes formas de tratamento de matrizes aquosas e os riscos provenientes da combustão de matéria orgânica. O capítulo VII avaliou a aplicação do tratamento hidrotérmico para reduzir a podridão peduncular, o que resultaria no maior tempo para estar se consumindo o fruto o que levaria a redução no descarte deste alimento. O capítulo VIII avaliou o tratamento de águas residuárias de um laticínio utilizando um Reator de Leito Móvel com Biofilme (MBBR). Já o capítulo IX apresenta um trabalho que teve como finalidade realizar o tratamento de efluentes provenientes do setor agroindustrial dentro do cenário brasileiro. Por outro lado, o capítulo X aborda o emprego de Processos Oxidativos Avançados (POAs) para realizar a remoção de antibióticos e hormônios detectados em águas superficiais e efluentes domiciliares. Por fim, o capítulo XI que traz à tona a poluição atmosférica provenientes da combustão de biocombustíveis, lenha, tabaco e outros e sua relação com os inúmeros problemas de saúde em especial os respiratórios.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando com o intuito de estimular e incentivar os pesquisadores brasileiros e de outros países a publicarem seus trabalhos

com garantia de qualidade e excelência em forma de livros e capítulos de livros que são disponibilizados no site da Editora e em outras plataformas digitais com acesso gratuito.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **COMPENSAÇÃO AMBIENTAL: UM ESTUDO DE CASO NA IMPLEMENTAÇÃO DE UMA BARRAGEM DE TERRA**

Eduardo Antonio Maia Lins  
Karina Moraes de Albuquerque  
Adriane Mendes Vieira Mota  
Andréa Cristina Baltar Barros  
Maria Clara Pestana Calsa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9912121121>

### **CAPÍTULO 2..... 14**

#### **RECUPERAÇÃO ECOLÓGICA DE MANGUEZAIS EM SISTEMA DE CONFINAMENTO CELULAR (GEOCÉLULAS): ESTUDO DE CASO EM ÁREA PORTUÁRIA NO GOLFÃO MARANHENSE, BRASIL**

Flávia Rebelo Mochel  
Ivanilson Luís Alves Fonsêca

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9912121122>

### **CAPÍTULO 3..... 27**

#### **DESCARTE INCORRETO DE MEDICAMENTOS: MAU HÁBITO SOCIAL, IRRESPONSABILIDADE NA LOGÍSTICA REVERSA, AUSÊNCIA DE FISCALIZAÇÃO/ LEGISLAÇÃO E OS INÚMEROS DANOS AMBIENTAIS**

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua  
Bruno Elias dos Santos Costa  
Anelise dos Santos Mendonça Soares  
Valdinei de Oliveira Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9912121123>

### **CAPÍTULO 4..... 38**

#### **ESTUDOS HIDROGEOAMBIENTAIS NUMA REGIÃO DO INTERIOR DE PORTUGAL PARA POTENCIALIZAR O NASCIMENTO DE UMAS NOVAS TERMAS**

André Manuel Machado Fonseca  
Luís Manuel Ferreira Gomes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9912121124>

### **CAPÍTULO 5..... 52**

#### **IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO – ESTUDO DE CASO**

Eduardo Antonio Maia Lins  
Juliana Viana Machado de Castro  
Adriane Mendes Vieira Mota  
Andréa Cristina Baltar Barros  
Maria Clara Pestana Calsa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9912121125>

**CAPÍTULO 6.....58**

**MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEUS EFEITOS NA HIDROFÍSICA DA MORFOLOGIA QUANTITATIVA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS**

Lazaro Nonato Vasconcellos de Andrade

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9912121126>

**CAPÍTULO 7.....69**

**TRATAMENTO HIDROTÉRMICO NO CONTROLE DE PRODRIDÃO PEDUNCULAR EM MAMÃO PAPAYA**

Gabriela Sales Mangolin

Érica Tiemi Konda

Rafaella Zambelli Baptista

Rosely dos Santos Nascimento

Daniel Terao

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9912121127>

**CAPÍTULO 8.....77**

**TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE LATICÍNIO EM REATORES DE LEITO MÓVEL COM BIOFILME (MBBR)**

Cíntia Clara Viana

Marcelo Henrique Otenio

Henrique Vieira de Mendonça

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9912121128>

**CAPÍTULO 9.....93**

**WETLANDS CONSTRUÍDOS COMO SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA APLICADOS NO TRATAMENTO DE EFLUENTES AGROINDUSTRIAIS NO BRASIL**

Heloísa Dalla Rosa

Gabriel André Tochetto

Gean Delise Leal Pasquali

Adriana Dervanoski

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9912121129>

**CAPÍTULO 10.....109**

**TECNOLOGIAS AVANÇADAS PARA A REMOÇÃO DE ANTIBIÓTICOS E HORMÔNIOS EM ÁGUAS SUPERFICIAIS E EFLUENTES DOMÉSTICOS**

Aline Paula Scussel

Gabriel André Tochetto

Adriana Dervanoski

Gean Delise Leal Pasquali

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.99121211210>

**CAPÍTULO 11.....126**

**LA CONTAMINACIÓN INTRAMUROS DEL HUMO DE BIOMASA**

Demetrio Soto Carbajal

Andrés Zózimo Ñahui Gaspar

Hipólito Vargas Sacha  
Eden Soto Aparco

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.99121211211>

<b>SOBRE O ORGANIZADOR:</b> .....	<b>140</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>141</b>

## MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEUS EFEITOS NA HIDROFÍSICA DA MORFOLOGIA QUANTITATIVA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

*Data de aceite: 01/11/2021*

**Lazaro Nonato Vasconcellos de Andrade**

Universidade do Estado da Bahia  
SALVADOR - BA

<http://lattes.cnpq.br/9463364315702669>

**RESUMO:** Análises quantitativas de elementos que caracterizam redes hidrográficas em geomorfologia foram estudadas a partir da avaliação das cartas topográficas na escala de 1:100.000 da Divisão do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro pela metodologia de análise proposta por Horton. As técnicas de sensoriamento remoto aplicadas no estudo de imagens de satélites, proporcionam métodos de associação para as componentes de contexto geoambiental e conclusões sobre medidas cartográficas possíveis de identificação da evolução do fluxo de sedimentos e suas consequências em relação aos aspectos morfodinâmicos da paisagem. Em última análise, para as bacias hidrográficas como elemento fundamental da análise hidrológica, os estudos dessa natureza estabelecem uma melhor compreensão de como fortes alterações proporcionadas por eventos extremos alteram a estrutura linear de rios, riachos, arroios e córregos e como esses processos de alteração morfoestrutural contribuem para a escassez/excesso de água das redes de drenagem. Assim, o trabalho estabelece a partir do uso da geomorfologia quantitativa proposta por Horton, em conjunto com as técnicas de análise espacial e temporal em sensoriamento

remoto, como os fenômenos hidrológicos no contexto geoambiental associados a eventos meteorológicos extremos podem refletir as mudanças climáticas e consequentes alterações são estabelecidas a partir do estudo associativo dos parâmetros hidrogeofísicos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Análises de Horton; Sensoriamento remoto; Hidrologia; Meio ambiente.

### CLIMATE CHANGE AND ITS EFFECTS ON THE HYDROPHYSICS OF QUANTITATIVE MORPHOLOGY IN WATERSHEDS

**ABSTRACT:** Quantitative analyzes of elements that characterize hydrographic networks in geomorphology were studied from the assessment of topographic maps at the 1:100,000 scale of the Geographical Service Division of the Brazilian Army using the analysis methodology proposed by Horton. The remote sensing techniques applied in the study of satellite images provide association methods for the geoenvironmental context components and conclusions about possible cartographic measures to identify the evolution of the sediment flow and its consequences concerning the morphodynamic aspects of the landscape. Ultimately, for hydrographic basins as a fundamental element of hydrological analysis, studies of this nature establish a better understanding of how strong changes brought about by extreme events alter the linear structure of rivers, streams, streams, and streams and how these processes of morphostructural change contribute to the scarcity/excess of water from the drainage networks. Thus, the work establishes,

from the use of quantitative geomorphology proposed by Horton, in conjunction with spatial and temporal analysis techniques in remote sensing, how hydrological phenomena in the geoenvironmental context associated with extreme weather events can reflect climate change and consequent changes are established from the associative study of hydrogeophysical parameters.

**KEYWORDS:** Horton analyses; Remote sensing; Hydrology; Environment.

## 1 | INTRODUÇÃO

A análise dos parâmetros morfológicos e morfométricos segundo a metodologia de Horton (1945) foi realizada para identificar e quantificar o comportamento das redes hidrográficas no intervalo entre o final do século XX e o início do século XXI.

Para uma avaliação mais precisa da resposta hidrológica das redes de drenagem, foram utilizadas as imagens de satélite do Landsat TM e do CBERS em dois períodos históricos, um relativo ao final do século passado e um segundo relativo ao século atual. As imagens de satélites foram ferramentas essenciais na descrição da evolução do desmatamento e a ampliação das áreas de pastagens e agrícolas cultivadas e/ou abandonadas.

O estudo do uso da terra permite entender como a atividade antrópica tem influência nos aspectos morfoestruturais relacionados à erosão da paisagem e, conseqüentemente, nas alterações morfológicas e morfométricas. No contexto da bacia hidrográfica os processos erosivos contribuem de forma significativa para o assoreamento da rede de drenagem com redução dos comprimentos lineares, menor profundidade com alterações na forma das seções e respostas significativas na produção de água na bacia hidrográfica em termos das vazões máximas, médias e mínimas.

A evolução dos sistemas de sensoriamento remoto imageadores (NOVO, 1992) no final do século XX e início do século XXI, em conjunto com as ferramentas de análise na forma de Sistemas de Informação Geográfica, permitem hoje uma análise mais precisa da evolução da paisagem. Um dos aspectos em termos metodológicos para a consecução de objetivos analíticos geoambientais está na integração de elementos teórico-conceituais, constructos do início e meados do século XX, com esse ferramental mais moderno disponível, essa integração constitui um objetivo desse trabalho.

A proposta estabelece como hipóteses principais, a questão de como as mudanças na ordem morfológica dos rios podem ser verificadas e percebidas na análise temporal do espaço geomambiental em termos morfométricos, a influência das ações antropogênicas nas mudanças morfoestruturais das redes de drenagem e a evolução dos parâmetros de erodibilidade das terras sobre as vazões evidenciado no fluxo hídrico nas últimas décadas a partir das imagens de satélites analisadas, tendo como foco uma região problema da costa semi-árida, especificamente a Barra que forma a Foz do Rio Paraguaçu no Reconcavo Baiano.

## 2 | METODOLOGIA

A escolha da Barra do Paraguaçu no Recôncavo Baiano, que pode ser visualizada na Figura 1 em destaque, como área objeto desse estudo, tem como elemento de problematização os aspectos transicionais no seu contexto geoambiental que, como pontua Aroldo de Azevedo num trabalho de 1950, deve-se ressaltar nos estudos de mapeamento.

O mapa geológico mostra que é no Recôncavo que os terrenos cristalinos afloram junto ao oceano pela última vez, se caminhamos no rumo sul-norte, do mesmo modo que, a partir dele, as formações terciárias litorâneas passam a ser contínuas e apresentam suas maiores larguras. No ponto de vista topográfico, é também o Recôncavo uma zona de passagem entre as formas arredondadas, típicas do cristalino, e as formas tabulares, que caem em abrupto através das "barreiras". Ali cessa, atualmente, a grande floresta quente e úmida, que é a Mata Atlântica, para iniciar-se o domínio da vegetação mais pobre e menos bela, semi-xerófila, que encobre os "tabuleiros". Além disso, os cursos d'água que *lá* desembocam não mais apresentam o regime torrencial dos rios nordestinos, embora também não possuam o volume e a extensão dos rios típicos do Planalto Atlântico. Sente-se, enfim, que ali se dá a transição entre o Brasil semiárido e o Brasil tropical úmido (AZEVEDO, 1950).

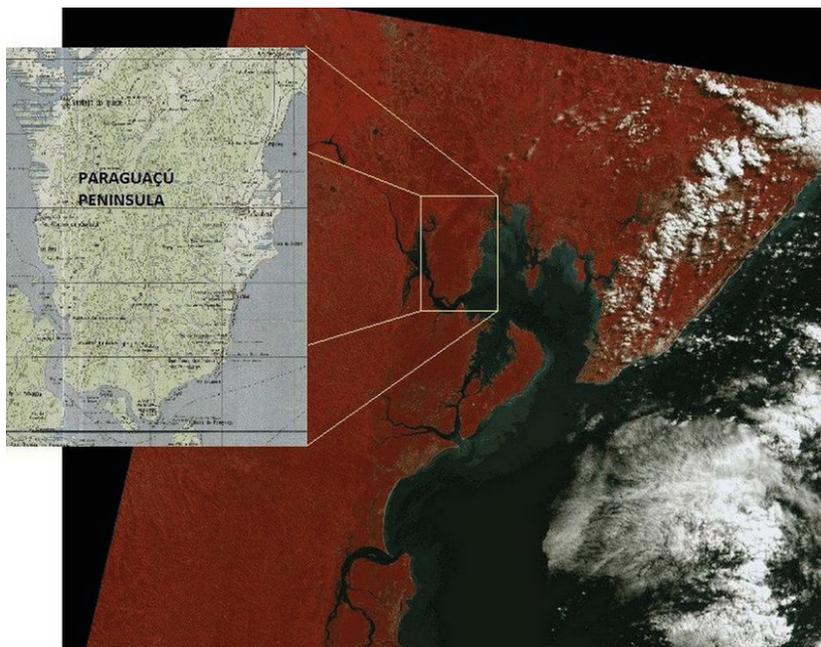


Figura 1: Composição de imagem Landsat de 1973 nas faixas de cores falsas 4B, 5R e 6G da península da foz do rio Paraguaçu.

Fonte: Composição de autoria própria a partir de Imagem Landsat da Divisão de Geração de Imagens do Instituto de Pesquisas Espaciais. Brasil, 2010.

Como característica relevante da área a homogeneidade geográfica das bacias à erosão morfoestrutural. As bacias estão confinadas num delta em forma peninsular, apresentam-se com uma mesma orogênese, formam redes de drenagem de baixa densidade, com poucos tributários de ordens inferiores e todas escoam para o oceano como pequenas bacias independentes, quase como se fossem drenos lineares.

Os elementos de análise das bacias hidrográficas tem como base os escritos do professor Antônio Christofolletti (1980), dado aqui o devido mérito à construção sintética das várias metodologias utilizadas para a análise dos padrões morfométricos da rede de drenagem de bacias hidrográficas e a identificação de padrões a partir dos estudos de Horton (1945), Strahler (1957) e Scheidegger (1968), sendo a análise morfométrica realizada com base nesses estudos e a partir da síntese do professor Christofolletti. Os estudos foram realizados para cinco as bacias hidrográficas costeiras da Barra do Paraguaçu no Recôncavo Baiano dada as condições transicionais já mencionadas, a orogênese e a aspectos geoambientais associados às mudanças climáticas.

Os estudos quantitativos dos elementos fisiográficos da análise linear, análise areal e análise hipsométrica foram realizados para um conjunto de cinco bacias hidrográficas: Bacia do Rio Alemão, Bacia do Rio Dorme, Bacia do Rio Inhaumã, Bacia do Rio Irauã e Bacia do Rio da Fazenda a partir da carta topográfica do Instituto Brasileiro de Geografia, Folha SD-24-X-A-IV (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA, 1972).

Em relação aos elementos fisiográficos da análise linear foram estudados os índices e relações da rede hidrográfica, cujas medições são efetuadas ao longo das linhas de escoamento: relação de bifurcação, relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem, relação entre o índice do comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação, comprimento do rio principal, extensão do percurso superficial, relação do equivalente vetorial e gradiente dos canais.

Na análise areal das bacias hidrográficas foram estudadas a área das bacias, o comprimento, a relação entre o comprimento do rio principal e a área da bacia, a forma da bacia, a densidade de rios, a densidade de drenagem, a densidade de segmentos, a relação entre áreas e o coeficiente de manutenção.

Em termos da análise hipsométrica foram estabelecidas as curvas hipsométricas, os coeficientes de massividade e orográfico, a amplitude altimétrica a relação de relevo e o índice de rugosidade.

Os pressupostos teóricos e metodológicos (CHRISTOFOLLETTI, 1980; HORTON, 1945; STRAHLER, 1957; SCHEIDEGGER, 1968) das análises anteriormente citadas são objeto de uma composição temática morfométrica das bacias hidrográficas essenciais para o entendimento da resposta hidrológica e fornecimento de parâmetros para estudos de fluxo hídrico, erodibilidade e deposição.

## 2.1 Sensoriamento remoto de imagens landsat e CBERS

As imagens de satélite disponibilizadas pelo Instituto de Pesquisas Espaciais, Divisão de Satélites Ambientais - DSA (DSA, 2012), foram usadas para a avaliação da evolução do desmatamento e inferências sobre a erosão superficial. Eventos extremos e críticos foram estudados a partir de dados fornecidos pela National Oceanic Atmospheric Administration – NOAA (NOAA, 2014) e pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (BRASIL, 2014).

A superposição de *layers* de composição de imagens matriciais/vetoriais com os mapas planialtimétricos formaram uma base para avaliações espaço-temporais de morfometria das bacias hidrográficas em estudo. A análise desses *layers* ofereceram uma estimativa do grau de resposta quantitativa da ação antrópica em conjunção com os eventos extremos, elementos principais no panorama de transformação da paisagem no início do século XXI.

## 2.2 Sistemas De Informações Geográficas (SIG)

O Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas - SPRING (CÂMARA et al., 1996), Sistema de Informações Geográficas desenvolvido pela Divisão de Processamento de Imagens – DPI, do Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE (BRASIL, 2021), possibilitou a criação e análise dos diferentes *layers* de imagens, vetoriais e matriciais necessários aos trabalhos de superposição, interpretação, cálculos e conclusões. Além disso, o SPRING permitiu a determinação dos parâmetros vetoriais lineares, areais e hipsométricos, para as metodologias estabelecidas por Horton (1945), Strahler (1957), Scheidegger, (1968) e sintetizadas por Christofolletti (1980).

Para a análise de natureza comparativa, o SPRING também permitiu a produção dos dados para a estimativa de equações empíricas com base na análise de regressões potenciais dos parâmetros morfométricos. Uma equação foi determinada para a relação comprimento linear do rio principal (L) e a área da bacia (A) e o resultado serviu como uma base para uma avaliação com a equação obtida no trabalho de Hack, (1957). A equação permitiu estabelecer o grau de aproximação entre as diferentes regionalizações, nesse caso, Maryland nos Estados Unidos e Barra do Paraguaçu no Brasil, e concluir para os efeitos das mudanças climáticas na resposta sobre as bacias hidrográficas, uma vez que variações futuras nos aspectos lineares de conformação da bacia vão estabelecer coeficientes diferentes para a equação.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra a superposição dos planos de informação (*layers*) das cinco bacias hidrográficas da área em estudo sobre um recorte da Barra do Rio Paraguaçu extraída da Folha SD-24-X-A-IV planta topográfica digitalizada e tratada utilizando o SPRING.

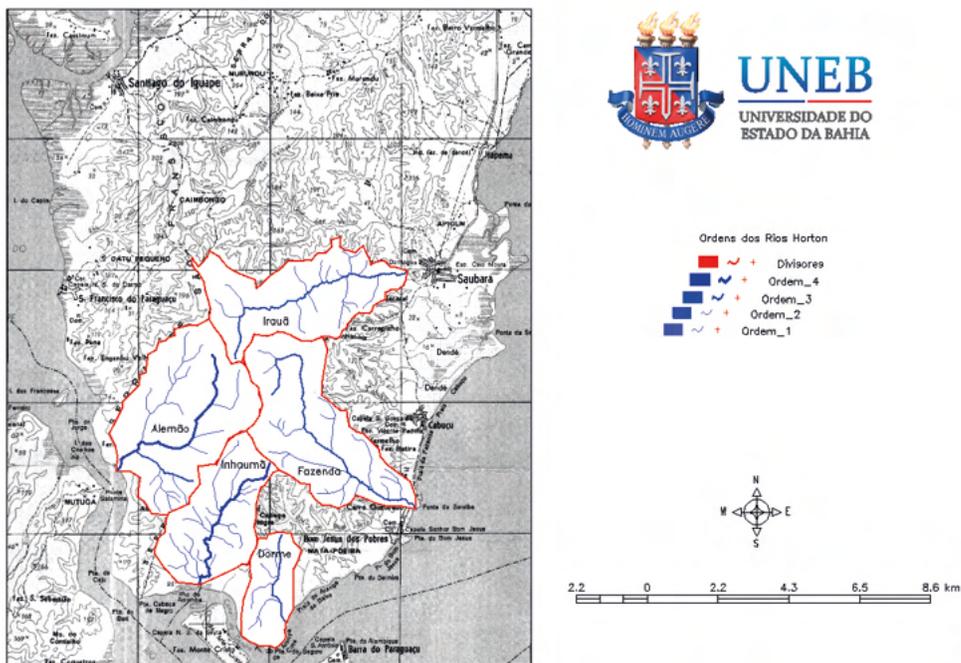


Figura 2: Superposição de dados matriciais lineares de cinco bacias hidrográficas sobre um recorte de plano de informação da carta topográfica SD-24-X-A-IV para a área em estudo.

Fonte: Composição de autoria própria a partir de Sistema de Geoprocessamento de Informações Georeferenciadas – SPRING (CÂMARA et al., 1996).

As bacias foram digitalizadas a partir da carta planialtimétrica com o objetivo de vetorizar e determinar aos parâmetros de análise linear, areal e hipsométrico. A Figura 3 evidencia as classificações de Horton (1945) e Strahler (1957) para a Bacia do Alemão em que podem ser visualizadas as ordens dos rios. Para essa bacia as duas classificações mostram uma bacia de quarta ordem com conformações praticamente de canais lineares em reduzida densidade de drenagem, padrão observado em todas as bacias estudadas. Esse padrão observado para as bacias abre a discussão de que o fluxo hídrico e de sedimentos estão diretamente associados a resposta precipitação/vazão, ou seja, picos rápidos de vazão associados à intensidade de precipitação.

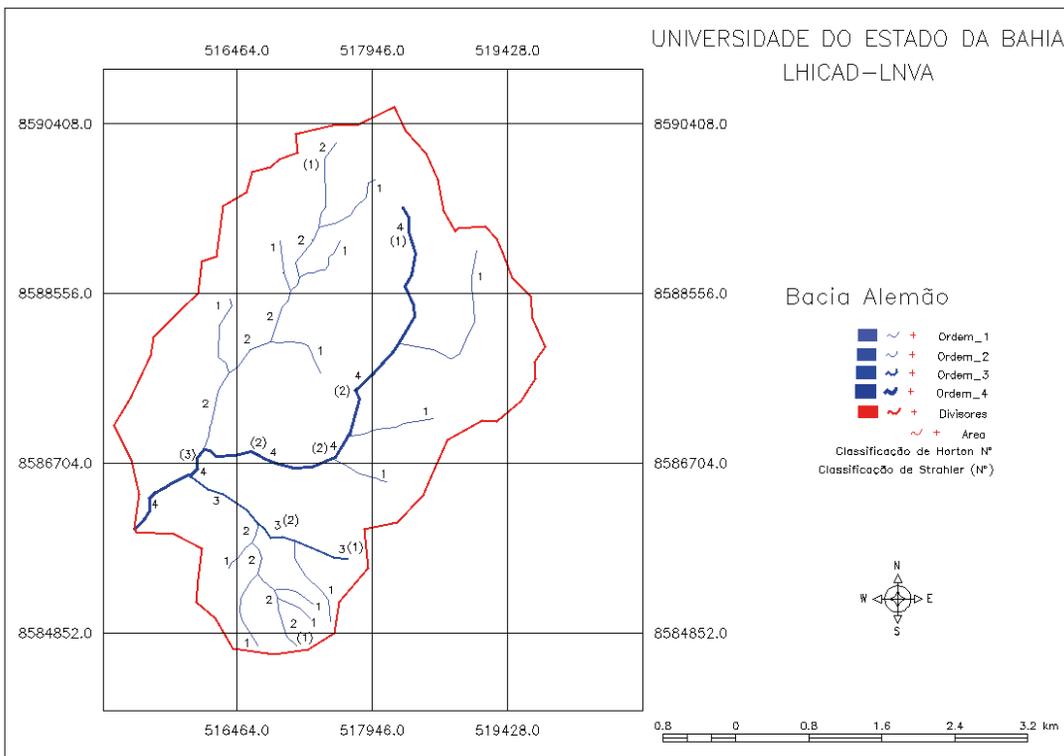


Figura 3: Bacia hidrográfica do Alemão e a classificação dos tributários segundo Horton (1945) e Strahler (1957).

Fonte: Composição de autoria própria a partir de Sistema de Geoprocessamento de Informações Georeferenciadas – SPRING (CÂMARA et al., 1996).

A tabela 1 mostra uma composição de parâmetros morfométricos para cada uma das bacias a partir das sínteses de Christofletti (1980): a ordem do rio principal, a área da bacia, o número total de canais, o número de canais de 1ª ordem, a *stream frequency* (HORTON, 1945) e a densidade de drenagem

Bacia	Ordem dos rios	Área (km <sup>2</sup> )	Número de canais	Nº de canais de 1ª ordem	Stream frequency	Densidade de drenagem
Alemão	4	16,2818	17	14	1,0441	1,4616
Dorme	3	4,5942	6	4	1,3060	1,7345
Inhaumã	4	9,5997	19	14	1,9792	2,1794
Irauçá	3	12,4831	16	13	1,2817	1,5252
Fazenda	3	14,4530	18	12	1,2454	1,6809

Tabela 1: Elementos de análise linear e areal para as cinco bacias estudadas.

Fonte: Autoria própria.

A tabela 2 mostra os parâmetros morfométricos de comprimento médio dos canais de 1ª ordem, razão de bifurcação, razão entre comprimentos médios, somatório dos comprimentos dos canais ( $\sum Li$ ), e os parâmetros  $\rho$  e  $s$  (HORTON, 1945) para cada uma das bacias.

Bacia	Comprimento médio dos canais de 1ª ordem	Razão de bifurcação	Razão entre comprimentos médios	$\sum Li$	$\rho$	$s$
Alemão	0,7468	2,7983	1,6325	23,7979	0,5834	3
Dorme	0,8864	2,4496	1,1588	7,9685	0,4731	2
Inhaumã	0,7029	2,4803	1,3753	20,9218	0,5545	3
Irauçã	0,7127	1,9999	0,6120	19,0389	0,3060	4
Fazenda	0,6087	3,4642	4,0759	24,2936	1,1766	2

Tabela 2: Elementos de análise linear para as cinco bacias estudadas.

Fonte: Autoria própria.

A respostas observadas mostram bacias curtas pouco ramificadas e de comprimento médio de canais praticamente igual a 1,5 km, poucas bifurcações e canais de razão linear aproximadamente igual a 1. Todos os fatores são contribuintes para um processo erosivo de elevada magnitude e, por apresentarem áreas inferiores a 20 km<sup>2</sup>, o compartamento como bacias homogêneas e rápidas caracterizam a relação chuva/deflúvio superficial.

Cabe ainda a observação da orogênese do Recôncavo Baiano como áreas de fraturas e de deslizamentos na sua formação. Embora a Barra do Paraguaçu esteja essencialmente assentada em depósitos arenosos, observa-se elevadas amplitudes altimétricas para os fatores hipsométricos que também são contributivos para a relação chuva/deflúvio elevada.

Um exemplo da magnitude da fenomenologia aqui estudada pode ser vista em um documentário exibido pela TV Brasil produzido no Canadá (NA HO, 2015) recentemente. O documentário aqui citado mostra como os processos erosivos e de deposição em ilhas do Ártico na costa canadense sofrem de intensos processos erosivos devido ao aquecimento verificado nas últimas décadas. No Ártico, a magnitude das alterações climáticas são mais drásticas uma vez que as variações das temperaturas atinge as superfícies de forma significativa promovendo o rápido derretimento de elevados volumes de gelo e acelerada erosão e deposição sobre o mar.

Para as nossas condições, entretanto, a proposição para a resposta de processos deposicionais estão diretamente relacionadas à redução final do comprimento dos rios com a consequente redução em sua profundidade. Esses dois fatores produzem de forma concomitante inundações severas como resposta a chuvas críticas extremas. Cabe salientar que também estão sendo verificadas nas últimas décadas, na latitude desse estudo, chuvas intensas associadas a variações extremas de temperatura (ANDRADE, 2021).

Um comparação entre a equação de Maryland (Hack, 1957) e a equação deduzida aqui nesse trabalho para as cinco bacias da Barra do Paraguaçu está posta na Figura 4. As diferenças encontradas entre as duas equações são devidas a orogênese, uma vez que em climas tropicais a magnitude do intemperismo físico produz como resposta comprimentos maiores de rios admitida a mesma área de drenagem.

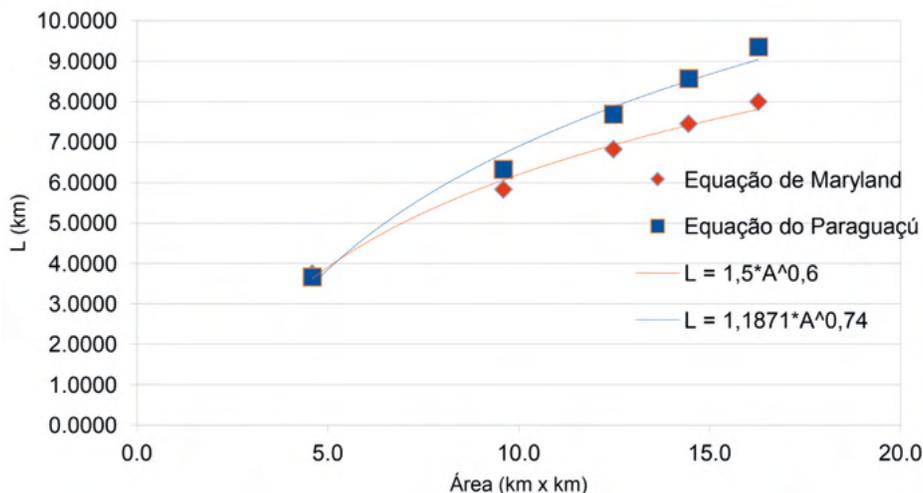


Figura 4: Mostra a resposta da correlação entre o comprimento do rio principal e área para cinco Bacias.

Fonte: Autoria própria.

Uma avaliação da resposta do solo à erosão realizada à luz da análise temporal e da ocupação territorial, mostra a exposição contínua das terras ao impacto dos eventos extremos, quer pela evolução do desmatamento, quer pela transformação dos ecossistemas florestais em pastagens. A ação antrópica é caracterizada por espaços de produção sem controle efetivo de erosão e de baixo nível tecnológico, pela substituição de florestas por pastagens e sem o efetivo controle da superfície à erosão.

Espera-se dessa forma ao longo do tempo, um aumento dos processos erosivos e de deposição que deverão contribuir para a redução do comprimento de rios em todo o ambiente natural de drenagem das bacias hidrográficas. Como conclusão, as bacias e as redes de drenagem devem progressivamente levar a uma expansão dos eventos de inundação associados a essa condição. A preservação das florestas e a supressão do desflorestamento passam a ser soluções técnicas necessárias num futuro próximo, inclusive para a preservação da reserva extrativista que existe na Foz do Rio Paraguaçu que, devido aos processos deposicionais, deverá entrar progressivamente em colapso ecológico.

Como um complemento à metodologia empregada no estudo, cabe salientar

que ao longo dos últimos onze anos esse tema tem sido debatido com os alunos do Departamento de Ciências Exatas e da Terra do Campus I na Universidade do Estado da Bahia, com o objetivo do ensino de morfometria e análise de bacias hidrográficas, além do estudo de imagens de sensoriamento remoto e da estatística aplicada à Hidrologia, disciplina pertencente ao currículo do curso de bacharelado em Engenharia Produção Civil. A parametrização permite aos estudantes um melhor entendimento das equações que fundamentam a Hidrologia enquanto ciência da interpretação da resposta das bacias hidrográficas ao regime de precipitações pluviométricas numa determinada região e, quando associadas aos estudos estatísticos das chuvas extremas de elevada intensidade e curta duração que estão caracterizando os eventos climáticos pelo menos nos últimos 10 anos, permite também uma compreensão desse tema com uma maior propriedade dada a evidência das relações obtidas.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

As recentes respostas aos eventos climáticos extremos, visíveis na intensidade das chuvas principalmente nas últimas duas décadas, favorecem a erosão e a deposição, como resultados da resposta da superfície à relação chuva/deflúvio superficial. Sem controle técnico efetivo ao longo das próximas décadas o assoreamento dos rios e a redução dos seus comprimentos lineares, deverão produzir significativo encurtamento em linearidade que para uma mesma área de drenagem produzirá colapso das vertentes, um aumento significativo de deposição de sedimentos na Foz do Rio Paraguaçu com consequências destarosas para os ecossistemas extrativistas em seu entorno.

#### 5 | AGRADECIMENTOS

Um agradecimento póstumo aos meus pais pelos ensinamentos de que a vida somente tem sentido quando lutamos com ardor dia após dia por ela e mesmo padecendo da doença e da proximidade da morte nunca devemos perder a esperança de salvar aqueles que estão próximos.

#### REFERÊNCIAS

ANDRADE, Lazaro N. V. de. The number of storms modeled as a Poisson random variable at northeast coast of South America. In: **A Visão Sistêmica e Integrada das Engenharias e sua Integração com a Sociedade**. Paraná: Atena Editora, 2021. (no prelo).

AZEVEDO, Aroldo. RECÔNCAVO DA BAHIA: estudo de geografia regional. **Revista da Universidade de São Paulo**. Ed. n. 1, 1950. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rusp/article/view/143237>. Acesso em: 01 ago. 2021. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2595-2501.rusp.1950.143237>.

BRASIL. Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE). Divisão de Satélites Ambientais (DSA). Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). Disponível em: [http://sigma.cptec.inpe.br/prec\\_sat/](http://sigma.cptec.inpe.br/prec_sat/). Acesso: 30 mai. 2012.

BRASIL. Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) . Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Disponível em: [http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede\\_estacoes\\_conv\\_graf](http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_conv_graf). Acesso: 26 set. 2014.

BRASIL. Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE). Divisão de Processamento de Imagens (DPI). Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/DPI/>. Acesso: 08 ago. 2021.

CÂMARA, Gilberto; SOUZA, Ricardo C. M.; FREITAS, Ubirajara M.; GARRIDO, Juan. "SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling" **Computers & Graphics**, 20: (3) 395-403, May-Jun, 1996.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2. ed., 1980.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA. **Carta topográfica da Bahia de Todos os Santos**. Folha SD-24-XDSG, 1:100.000, 1972. Disponível em: Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro. Disponível em: <http://www.geoportal.eb.mil.br>. Acesso: 30 mai. 2012.

HACK, John T. Studies of longitudinal stream profiles in Virginia and Maryland. **U. S. Geol. Surv. Prof. Paper** (294-B), 1957. Disponível em: <https://pubs.er.usgs.gov/publication/pp294B>. Acesso: 08 ago. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3133/pp294B>.

HORTON, Robert E. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Survey of American Bulletin**; 56: 275-370, 1945. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/030913339501900406>. Acesso: 02 ago. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1177/030913339501900406>.

NA HO. NA HO PRODUCTION WHITE PINE PICTURES. **Artic Secrets**. National Film Board of Canada, 2015. Exibido pela TV Brasil em 01 ago. 2021. Disponível em: <https://play.ebc.com.br/programas/373/segredos-do-artico>. Acesso: 08 ago. 2021.

NOAA. 2014. National Oceanic and Atmospheric Administration. National Climatic Data Center (NCDC). Daily observation data. Disponível em: <https://gis.ncdc.noaa.gov/map/viewer/#app=cdo>. Acesso: 26 set. 2014.

NOVO, Evelyn M. L. de M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. Sao Paulo: Editora Edgard Blücher, 1992.

SCHEIDEGER, Adrian E. Horton's laws of stream numbers. **Water Resources Research**. v. 38, n. 3, 1968. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/WR004i003p00655>.

STRAHLER, Arthur N. Quantitative analysis of watershed Geomorfology. **American Geophysical Union Transaction**. v. 38, n. 06, 913-920, 1957. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/TR038i006p00913>. Acesso: 02 ago. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1029/TR038i006p00913>.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Adsorção 102, 109, 118, 119, 120, 121

Agência Nacional de Águas - ANA 2

Agroindústria 77

Águas residuárias 4, 7, 77, 78, 80, 83, 84, 91, 92, 93, 94, 96, 98, 99, 100, 101, 103, 105, 106, 107, 121

Águas superficiais 4, 7, 33, 95, 109, 111, 113, 115

Água subterrânea 38, 43, 45, 47, 49

Água sulfúrea 38, 46, 47, 50

Áreas de Preservação Permanente - APP 2, 6

Aterros sanitários 28, 29, 33, 112

Atividades agropecuárias 27

Atividades ecológicas 14, 18

Atividades portuárias 14

Automedicação 27, 32, 33

### B

Bacias hidrográficas 4, 7, 58, 61, 62, 63, 66, 67

Barragens 1, 2, 13

Biocombustíveis 126, 127, 129, 131, 132, 136, 137, 138

Biodegradabilidade 29, 33, 109, 112, 116

Bioma 2, 3, 5, 9, 12, 13

Biomassa 7, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139

Biota aquática 109, 110

### C

Compensação ambiental 4, 6, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 13

Conselho Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco - CONSEMA/PE 4

Contaminação 7, 126, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139

Corpos hídricos 15, 93, 94

### D

Decantador 77, 79, 80, 81, 82, 84, 85

Desenvolvimento sustentável 1, 12, 93, 107

Desreguladores endócrinos 109, 111, 114, 122, 123

## **E**

Ecosistema 14, 15, 18, 21, 53, 114

Educação Ambiental 27, 29, 32, 34, 35, 140

Efluentes domésticos 7, 109

Energia elétrica 52, 53, 54, 55, 56, 57

Energia solar 52, 53, 56, 57

Energias renováveis 53

Erosão 15, 25, 59, 61, 62, 65, 66, 67

Espécie humana 29, 35

Eutrofização 93, 94, 95

## **F**

Fármacos 27, 29, 33, 34, 110, 111, 112, 113, 121, 122, 123

Filtração por membranas 109, 119, 121

Flotação 77

## **G**

Geoambiental 16, 58, 60

Geológicos 38, 41, 51

Geomorfológicos 38, 41

## **H**

Hidrogeoambientais 6, 38, 43

Hidrogeofísicos 58

Hidrologia 50, 58, 67

Hormônios 4, 7, 109, 111, 114, 116, 117, 119, 120

Humo 7, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139

## **I**

Impactos ambientais 2, 4, 29, 30, 33, 53, 92

Indústrias farmacêuticas 28, 29, 31

Infecciones respiratorias 126, 128, 129, 132, 133

## **L**

Logística reversa 6, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 35, 36, 37

## **M**

Macrófitas 93, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 104

Mamão Papaya 7, 69

Manguezais 4, 6, 14, 15, 16, 21, 26

Medicamentos 4, 6, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 112, 114

Meio ambiente 4, 4, 12, 13, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 36, 37, 52, 53, 58, 69, 71, 72, 78, 90, 91, 93, 94, 109, 110, 111, 112, 113, 122, 124

Microscopia Eletrônica de Varredura - MEV 77, 79

Mudanças Climáticas 4, 7, 39, 40, 58, 61, 62

## **P**

Patógenos 71, 109, 114

Plano de Recuperação de Áreas Degradadas - PRAD 15, 26

Podridão Peduncular 69, 71, 72, 73, 74, 75

Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS 28, 30, 35, 37

Processos Oxidativos Avançados - POAs 4, 109, 116, 121, 123, 140

Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA 28

## **R**

Reatores biológicos 77

Reatores de Leito Móvel com Biofilme - MBBR 7, 77

Reciclagem 28

Recuperação ecológica 4, 6, 14, 15, 26

Recursos hídricos 27, 29, 31, 33, 39, 78, 93, 109, 114, 123, 124

Rede de Drenagem 59, 61

Resolução CONAMA 2

Reutilizar 28

## **S**

Sistema de Confinamento Celular (Geocélulas) 6, 14, 15, 16, 17, 21, 25

Sistema Fotovoltaico 4, 6, 52, 53, 54, 55, 56, 57

Supressão vegetal 2, 4, 5, 11, 13

## **T**

Tratamento hidrotérmico 4, 7, 69, 70, 71, 74, 75, 76

## **U**

Usinas hidrelétricas 52, 53

# COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA AMBIENTAL



-  [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)

# COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA AMBIENTAL

- 
-  [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)