

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA  
(ORGANIZADOR)

---

*Collection:*

**APPLIED ENVIRONMENTAL  
AND SANITARY  
ENGINEERING**

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA  
(ORGANIZADOR)

---

*Collection:*

**APPLIED ENVIRONMENTAL  
AND SANITARY  
ENGINEERING**

**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

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



## Collection: applied environmental and sanitary engineering

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Flávia Roberta Barão  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

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

C697 Collection: applied environmental and sanitary engineering /  
Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. -  
Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-857-8

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.578221901>

1. Environmental and sanitary engineering. 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 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.



## PRESENTATION

The e-book: "Collection: Applied environmental and sanitary engineering" consists of nineteen book chapters that address different themes, but which converge to an enormous concern that increasingly threatens the quality and well-being of future generations: use sustainable environment and its different biotic and abiotic factors. In this sense, the organization and presentation of book chapters was carried out in four thematic areas, providing a better organization and sequencing, leading to a better understanding and ease in understanding each chapter in this e-book. Therefore, the e-book was divided into four thematic areas, namely: *i)* evaluation of the quality of water resources intended for human consumption; *ii)* emission of particulate materials from the combustion of fuels by the fleet of motor vehicles and the burning of large green areas in order to meet the interest of the agricultural sector; *iii)* actions to minimize the amount of waste sent to sanitary landfills, controlled or dumps based on the practice of segregating recyclable waste; *iv)* basic sanitation and the increase in the Human Development index, generation of energy and fertilizers from biodigestion processes and the presence of pesticides and pharmaceuticals in foods of animal origin.

The first theme consists of six book chapters dealing with the importance of continuous monitoring of water quality for drinking purposes, with studies being presented that prove the lack of efficiency in removing microorganisms with pathogenic properties. Furthermore, the importance and creation of public policies in order to avoid the eutrophication of aquatic bodies that are increasingly common in urban areas. The second consists of four chapters that evaluated the air quality from the emission of particulate materials from human activities, including the burning of fuels and fires in different biomes and how these have been influencing the increase in the formation of islands of heat in urban centers.

The third theme consists of four book chapters that address the importance of carrying out the construction of residential works (condominiums) in order to encourage residents to develop an environmental awareness in relation to the segregation of waste, especially organic and recyclable ones, and the latter would be intended for people who work and with recycling and who contribute significantly to the reduction in the final disposal of waste. Finally, the fourth theme consists of five chapters that present works that discuss the importance of biodigestion in rural areas, basic sanitation as an important factor in determining the HDI and the importance of monitoring the presence of pesticides and drugs in food of animal origin.

In this perspective, Atena Editora has been working with the aim of stimulating and encouraging researchers from Brazil and other countries to publish their work with a guarantee of quality and excellence in the form of books and book chapters that are available on the Editora's website and elsewhere. digital platforms with free access.

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

**AVALIAÇÃO DE INDICADORES ATMOSFÉRICOS EM COMPOSTOS DE CHUVA OCORRIDOS NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO UTILIZANDO O MODELO NUMÉRICO WRF**

Fabricio Polifke da Silva  
Maria Gertrudes Alvarez Justi da Silva  
Wallace Figueiredo Menezes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219011>

### **CAPÍTULO 2..... 14**

**ANÁLISE DO PADRÃO DA ÁGUA POTÁVEL COMERCIALIZADA EM RELAÇÃO AOS ELEMENTOS QUÍMICOS PRESENTES PELA TÉCNICA DE RADIAÇÃO SINCROTRON E DE COLIFORMES FECALIS PELO MÉTODO COLILLERT®**

Ariston da Silva Melo Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219012>

### **CAPÍTULO 3..... 27**

**AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE RISCOS MICROBIOLÓGICOS (AQRM) ASSOCIADOS AO REÚSO DE ÁGUAS CINZAS: ESTUDO DE CASO EM MACEIÓ-AL**

Ivo Gabriel Guedes Alves  
Marcio Gomes Barboza  
Ivete Vasconcelos Lopes Ferreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219013>

### **CAPÍTULO 4..... 42**

**GRAU DE EUTROFIZAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTA MARIA DA VITÓRIA, ES, BRASIL**

Gemael Barbosa Lima  
Gilberto Henke  
Wanderson de Paula Pinto  
Julielza Betzel Badotto  
Claudinei Antônio Montebeller

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219014>

### **CAPÍTULO 5..... 56**

**DIAGNÓSTICO DEL MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO CON PERSPECTIVA DE GÉNERO EN COMUNIDADES MAYAS DE MÉXICO**

Delghi Yudire Ruiz Patrón  
Cindy Vianely Cetina Aguilar  
Jesús Antonio Santos Tejero  
José Efraín Ramírez Benítez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219015>

### **CAPÍTULO 6..... 72**

**DESENVOLVIMENTO DE UMA ROTINA COMPUTACIONAL PARA O DIMENSIONAMENTO**

## DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

Lorena Francyne Queiroz Rocha

Marcio Gomes Barboza

Wagner Roberto Oliveira Pimentel

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219016>

## **CAPÍTULO 7..... 87**

### COMPORTAMENTO DAS QUEIMADAS NOS BIOMAS BRASILEIROS ENTRE OS ANOS DE 2009 E 2020

Débora Cristina Correia Cardoso

Daniely Neckel Rosini

Jordana dos Anjos Xavier

Valter Antonio Becegato

Alexandre Tadeu Paulino

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219017>

## **CAPÍTULO 8..... 102**

### QUANTIFICAÇÃO DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS A PARTIR DA QUEIMA DE BIOMASSA EM LAGES-SC

Jordana dos Anjos Xavier

Valter Antonio Becegato

Alexandre Tadeu Paulino

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219018>

## **CAPÍTULO 9..... 114**

### MÉTODO DE INTERPOLAÇÃO KRIGAGEM NA MEDIÇÃO DE ILHA DE CALOR EM SANTARÉM-PA

Felizandra Pereira de Aquino

Hudson Ferreira Dias

Victor Hugo da Rocha Uchoa

Carlos Manoel Rocha Melo

Raphael Tapajós

Wilderclay Barreto Machado

Rodrigo da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219019>

## **CAPÍTULO 10..... 124**

### MODELAGEM E PREVISÃO DA CONCENTRAÇÃO DE PM<sub>10</sub> NA CIDADE DE VITÓRIA, ESPÍRITO SANTO, BRASIL

Wanderson de Paula Pinto

Valdério Anselmo Reisen

Gemael Barbosa Lima

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190110>

## **CAPÍTULO 11..... 134**

### PANORAMA DA COLETA SELETIVA EM SALVADOR-BA E A EXPERIÊNCIA DE COOPERATIVAS DE MATERIAIS RECICLÁVEIS COM OS POSTOS DE ENTREGA

## VOLUNTÁRIA (PEV)

Juliane Figueredo de Araújo Ribeiro  
Gabriela Vieira de Toledo Lisboa Ataíde  
Luiz Roberto Santos Moraes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190111>

## **CAPÍTULO 12..... 144**

### PROPOSTA METODOLÓGICA DE AVALIAÇÃO DE UMA FERRAMENTA PARA PROMOVER A RECICLAGEM INCLUSIVA

Andréa Cardoso Ventura  
José Célio Silveira Andrade

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190112>

## **CAPÍTULO 13..... 156**

### OPTIMIZING REVERSE LOGISTIC NETWORK PROPOSAL OF WASTE PICKERS ORGANIZATIONS WITH WASTE TRANSFER STATIONS TO IMPROVE THE ECONOMIC EFFICIENCY OF RECYCLING CHAIN

Marcus Camilo Dalvi Garcia  
Renato Ribeiro Siman  
Maria Claudia Lima Couto  
Luciana Harue Yamane  
Rodrigo Alvarenga Rosa  
Gisele de Lorena Diniz Chaves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190113>

## **CAPÍTULO 14..... 178**

### ECONDOMÍNIOS PROJECT: SOLID WASTE MANAGEMENT IN RESIDENTIAL CONDOMINIUMS

Gerson Araujo de Medeiros  
Ana Paula Loro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190114>

## **CAPÍTULO 15..... 186**

### ESTUDO PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE BIODIGESTÃO UTILIZANDO RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE ROSANA

Sabrina Emília de Almeida Pavez  
Letícia Sabo Boschi  
Claudia Gonçalves de Azevedo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190115>

## **CAPÍTULO 16..... 205**

### RELAÇÃO ENTRE INDICADORES DE SANEAMENTO E ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO (IDH) NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, BRASIL

Rafaela Ferrareis Loubato  
Gemael Barbosa Lima  
Claudinei Antônio Montebeller  
Wanderson de Paula Pinto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190116>

**CAPÍTULO 17.....218**

MONITORAMENTO DA REMOÇÃO MULTIELEMENTAR EM TRATAMENTO POR VALA DE FILTRAÇÃO

Ariston da Silva Melo Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190117>

**CAPÍTULO 18.....234**

QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS QUÍMICOS (MEDICAMENTOS VENCIDOS) GERADOS EM UM HOSPITAL ESCOLA LOCALIZADO NO INTERIOR DO ESTADO DE SÃO PAULO

Camila Cristina da Silva Moraes

João Vicente Franceschi

Letícia Piteli Balan

Lucas Eduardo Zacarias Gomes

Marcos Vinicius de Souza Serrano

Paulo Giovanni Coraucci Netto

Vinicius Solimani Marquezam

Vitor Vilela Pinese

Luciana Rezende Alves de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190118>

**CAPÍTULO 19.....245**

DETECTION AND QUANTIFICATION OF MULTIRESIDE PESTICIDES AND PHARMACEUTICALS IN FOODS OF ANIMAL ORIGIN USING THE QuEChERS METHOD IN PREPARATION OF SAMPLES

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.57822190119>

**SOBRE O ORGANIZADOR.....256**

**ÍNDICE REMISSIVO.....257**

## QUANTIFICAÇÃO DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS A PARTIR DA QUEIMA DE BIOMASSA EM LAGES-SC

*Data de aceite: 10/01/2022*

### **Jordana dos Anjos Xavier**

Universidade do Estado de Santa Catarina  
(UDESC)  
Lages – SC  
<http://lattes.cnpq.br/1562975042294996>

### **Valter Antonio Becegato**

Universidade do Estado de Santa Catarina  
(UDESC)  
Lages – SC  
<http://lattes.cnpq.br/3196823526572670>

### **Alexandre Tadeu Paulino**

Universidade do Estado de Santa Catarina  
(UDESC)  
Pinhalzinho – SC  
<http://lattes.cnpq.br/8957379372810063>

**RESUMO:** No Brasil, a queima de biomassa é uma prática antiga utilizada em atividades relacionadas ao uso do solo. Porém, apesar de ser regulamentada em determinadas situações, é uma das principais responsáveis pela emissão de gases de efeito estufa. Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho é quantificar as emissões atmosféricas oriundas da queima de biomassa no município de Lages-SC, e apresentar os possíveis impactos gerados pela prática da queimada. Para amostragem de dados utilizou-se de duas áreas localizadas em Lages, região serrana de Santa Catarina. Uma das áreas foi considerada com ausência de emissões atmosféricas antrópicas, chamada de área controle, para ser utilizada como referência,

e a outra área havia ocorrência da prática da queimada. Foram amostrados os gases CO, CO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub>, além da temperatura e umidade relativa ambiente. Com isso, pode-se identificar a ocorrência natural de CO<sub>2</sub> na atmosfera na área controle, e a maior concentração dentre os gases identificada na área de queimada. Já o CO, que também está presente na atmosfera de forma natural não apresentou concentração na área controle. O NO<sub>2</sub> apresentou o dobro da concentração de NO na área de queimada, visto que o segundo é um precursor do primeiro, enquanto o SO<sub>2</sub> apresentou a menor concentração registrada, pois sua maior ocorrência é em regiões industriais. Os impactos causados pelas emissões de gases de efeito estufa atingem tanto o meio ambiental, quanto social, pela escassez de alimentos e recursos disponíveis, além da ocorrência de desastres. Dessa forma, se faz necessária a adoção de estratégias de mitigação e de controle das atividades emissoras, pois são perceptíveis as transformações impulsionadas pelos efeitos dos impactos gerados a partir da emissão de gases de efeito estufa.

**PALAVRAS-CHAVE:** Queima de biomassa; Emissões atmosféricas; Gases de efeito estufa.

**ABSTRACT:** In Brazil, biomass burning is an old practice used in activities related to land use. However, despite being regulated in certain situations, it is one of the main responsible for the emission of greenhouse gases. In this sense, the objective of the present work is to quantify the atmospheric emissions from the burning of biomass in the municipality of Lages-SC, comparing with concentrations of an area

with no emission sources, and to present the possible impacts generated by the practice of burning. For data sampling, two areas located in Lages, in the mountainous region of Santa Catarina, were used. One of the areas was considered to have no anthropogenic atmospheric emissions, called the control area, to be used as a reference, and the other area had the practice of burning. CO, CO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub> gases were sampled, in addition to the ambient temperature and relative humidity. With this, it is possible to identify the natural occurrence of CO<sub>2</sub> in the atmosphere in the control area, and the highest concentration among the gases identified in the burn area. CO, which is also present in the atmosphere in a natural way, did not present concentration in the control area. NO<sub>2</sub> presented twice the concentration of NO in the burning area, since the second is a precursor to the first, while SO<sub>2</sub> presented the lowest recorded concentration, since its highest occurrence is in industrial regions. The impacts caused by greenhouse gas emissions affect both the environment and the social environment, due to the scarcity of food and available resources, in addition to the occurrence of disasters. Thus, it is necessary to adopt mitigation strategies and control the emission activities, as the transformations driven by the effects of the impacts generated by the emission of greenhouse gases are noticeable.

**KEYWORDS:** Biomass burning; Atmospheric emissions; Greenhouse gases.

## 1 | INTRODUÇÃO

A queima de biomassa no Brasil é realizada através de práticas relacionadas às atividades de uso da terra, como o desmatamento, limpeza do terreno, controle de pestes e processo de produção e expansão agropecuária (MARENGO et al., 2010). As queimadas podem ocorrer de forma natural, porém, em sua maior parte são originadas a partir de atividades antrópicas, que contribuem para o acúmulo de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), dentre outros gases de efeito estufa (GEE) responsáveis pela alteração das propriedades atmosféricas, afetando a qualidade do ar (KAISER et al., 2012).

O uso do fogo nos sistemas agrícolas tem causado um desequilíbrio nos ecossistemas e na saúde humana, além de ser potencializado pelo acelerado crescimento populacional, pelas mudanças no padrão de consumo e intensificação das atividades econômicas e tecnológicas. No entanto, esta é uma prática recorrente e antiga no país, a qual é considerada uma das principais contribuintes mundiais para emissão de GEE (GONÇALVES; CASTRO; HACON, 2012).

Há fatores que podem influenciar a queima de biomassa, como a intensidade, a taxa de propagação, duração, sazonalidade, recorrência e características de emissão, que dependem do ecossistema, da localização, clima e características do combustível (ICHOKU et al., 2012). De forma geral, no Brasil, a atuação das queimadas ocorre anualmente durante a estação seca, principalmente entre os meses de junho a outubro (CARDOZO et al., 2014).

Em Santa Catarina há também uma predominância na presença de focos de calor durante a estação seca, entre os meses de julho e agosto, associado a áreas de uso agrícola

e com vegetação menos densa, localizadas no planalto serrano do estado (TEIXEIRA et al., 2017). Entretanto, esse período torna a vegetação mais suscetível, pois o clima mais seco e a baixa umidade criam condições favoráveis a permanência do fogo.

A prática da queimada é regulamentada pelo Artigo 38, da Lei 12.651, de 25 de maio de 2012, que autoriza o uso de fogo na vegetação em três condições, sendo uma delas em locais ou regiões cujas peculiaridades justifiquem o emprego do fogo em práticas agropastoris ou florestais, mediante prévia aprovação do órgão estadual ambiental competente (BRASIL, 2012). No estado de Santa Catarina a prática é autorizada mediante parecer do Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina (IMA), por meio da Instrução Normativa (IN) nº 30, de julho de 2020 (SANTA CATARINA, 2020).

Contudo, segundo Cardozo et al. (2014), as queimadas causam diversos impactos ao ambiente, devido ao grande consumo de biomassa, principalmente no que diz respeito à liberação de gases para a atmosfera. Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho é quantificar as emissões atmosféricas oriundas da queima de biomassa no município de Lages-SC, comparando com concentrações de uma área com ausência de fontes emissoras antropogênicas, e apresentar os possíveis impactos gerados pela prática da queimada.

## 2 | MATERIAS E MÉTODO

### Área de estudo

O município de Lages-SC está localizado na região serrana do estado de Santa Catarina, sendo o maior em extensão territorial do estado, com 157.544 habitantes, sendo que 97,11% residem na área urbana e apenas 2,89% residem na área rural (IBGE, 2019). A economia do município é baseada em oito segmentos, estabelecidos em função da sua importância em relação ao volume de empresas e empregos. Dentre estes segmentos estão a agricultura, pecuária e produção florestal, e as atividades mais estratégicas, tratando-se de movimentação econômica, são o plantio de pinus, criação de bovinos e produção leiteira, e os cultivos de soja, milho, maçã e feijão (SEBRAE/SC, 2017).

### Pontos de coleta

O presente estudo utilizou de três pontos controle e três pontos com ocorrência de queimadas para coleta de dados de concentração de poluentes atmosféricos, conforme ilustrado na Figura 1. Os pontos de coleta para controle (PC1, PC2 e PC3) foram utilizados como referência, pois considerou-se a ausência de emissões atmosféricas de origem antrópica, visto que está localizado em uma Unidade de Conservação de Proteção Integral do município de Lages-SC. Essa unidade de conservação recebe o nome de Parque Natural Municipal (PARNAMUL) João José Theodoro da Costa Neto, com a presença de Floresta Ombrófila Mista, inserida no bioma Mata Atlântica (PARNAMUL, 2020).

Os pontos de coleta com emissões provenientes de queimada (PQ1, PQ2 e PQ3)

situaram-se às margens da SC-114, perímetro de Lages, sentido município de Paineira. Essa região é caracterizada por propriedades rurais que desenvolvem atividades agropecuárias como criação de bovinos e cultivos agrícolas, além de apresentar alguns resquícios de campos nativos. A rodovia SC-114 é considerada de extrema importância para a região, pois além de ser utilizada pelos produtores rurais, para encaminhar suas produções para o comércio, é um caminho de acesso utilizado pelos turistas que estão rumo aos Caminhos da Neve, no município de São Joaquim.

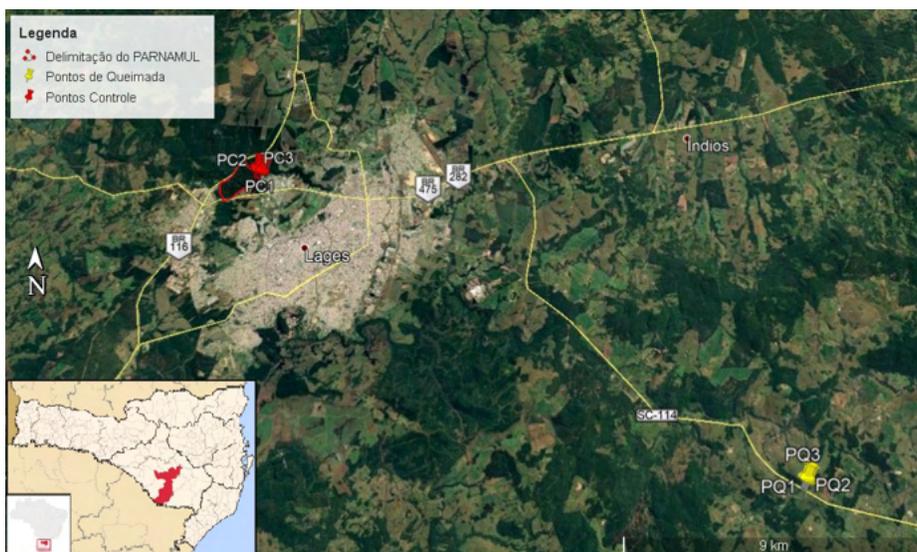


Figura 1: Identificação dos pontos de coleta de dados no município de Lages.

## Amostragem

A amostragem, tanto dos pontos controle quanto dos pontos de queimada, foi realizada no mês de agosto de 2020, período de maior ocorrência de queimadas na região serrana de Santa Catarina, pois corresponde a estação seca. Os dias da amostragem apresentaram ausência de chuva e presença de ventos, contudo, a IN n° 30 do IMA dispõe sobre as condições climáticas em que a queima deve ser realizada, a qual não deve ocorrer em dias de muito vento ou de temperatura muito elevada (SANTA CATARINA, 2020).

Visto que não há nenhuma norma técnica a respeito da medição de poluentes atmosféricos com equipamentos portáteis, a medição foi realizada levando-se em consideração estabelecimentos da normativa definida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) 10051:2019 para medição de ruídos, pois refere-se à utilização de um equipamento portátil semelhante aos utilizados para a medição dos poluentes atmosféricos no presente trabalho. Assim, o equipamento de medição esteve a aproximadamente um

metro de altura em relação ao solo.

Cada amostragem teve duração aproximada de dez minutos e cada um dos pontos foi amostrado três vezes. Efetuou-se a medição dos seguintes poluentes atmosféricos: CO<sub>2</sub>, monóxido de carbono (CO), monóxido de nitrogênio (NO), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) e dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>); além de temperatura (T) e umidade relativa ambiente. Foram utilizados os seguintes equipamentos, que forneciam os dados instantaneamente:

- **MiniRAE 3000:** É um medidor de gás de Compostos Orgânicos Voláteis (VOC's), dotado de um detector de fotoionização (PID), com uma lâmpada de 10,6 eV de descarga de gás. A resolução e alcance de medições estão dispostos na Tabela 1 e os gases medidos foram: NO e NO<sub>2</sub>.

Lâmpada	Faixa	Resolução (ppm)
10,6 eV	0,1 a 15.000 ppm	0,1
9,8 eV	0,1 a 5.000 ppm	0,1
11,7 eV	0,1 a 2.000 ppm	0,1

Tabela 1: Resolução e alcance de medições do MiniRAE 3000.

Fonte: Adaptado de Estados Unidos, 2010.

- **ASKO AK786 com termo-higrômetro:** Apresenta as medições de CO<sub>2</sub>, além de informações como a temperatura e umidade relativa ambiente, ponto de orvalho e bulbo úmido. As especificações do medidor estão apresentadas na Tabela 2.

	CO <sub>2</sub>	Temperatura	Umidade
<b>Faixa de Medição</b>	0 a 9.999 ppm	10 a 50 °C	10 a 90%
<b>Resolução</b>	1 ppm	0.1 ° C	0.1 %

Tabela 2: Especificações do Medidor AK786.

Fonte: Adaptado de Rio Grande do Sul.

- **Eagle Series Portable Multi-Gas Detector:** Possui o princípio de detecção dos gases baseado na combustão catalítica, célula eletroquímica, célula galvânica e infravermelho. É um instrumento portátil que oferece leituras de HC (padrão CH<sub>4</sub>), oxigênio (O<sub>2</sub>), CO e H<sub>2</sub>S. As especificações do equipamento encontram-se na Tabela 3.

Gás	Faixa de medição	Precisão *O que é maior
O <sub>2</sub>	0 - 40% vol.	± 0,5% de O <sub>2</sub>
CO	0 - 500 ppm	± 5% da leitura ou ± 5 ppm de CO (*)
H <sub>2</sub> S	0 - 100 ppm	± 5% da leitura ou ± 2 ppm H <sub>2</sub> S (*)

Tabela 3: Faixas de medição e precisão do medidor Eagle series Portable Multi-Gas Detector.

Fonte: Adaptado de Estados Unidos, 2009.

- **GasAlert Extreme Detector de gás único:** É um instrumento portátil que mede as concentrações de SO<sub>2</sub> com sensor de medição do tipo célula eletroquímica de plug-in. A faixa de medição do equipamento é entre 0 a 100 ppm, e a temperatura e umidade de operação são, respectivamente, -40 °C a 50 °C, e 15% a 90% (CANADÁ, 2005).

## Análise de Dados

Para análise dos dados, organizou-se os mesmos em planilhas eletrônicas e por fim, passaram por tratamento estatístico, por meio da estatística descritiva.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com dados levantados pelo *Intergovernmental Panel of Climate Change* - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) (2018), a agricultura, a silvicultura e outros usos do solo, são responsáveis por cerca de 10 a 12% das emissões mundiais de GEE de origem antropogênica, principalmente pelo desmatamento e emissões agrícolas da pecuária, manejo do solo e nutrientes. No Brasil, atividades como o florestamento, a agricultura e a pecuária, do setor agropecuário, também apresentam grande representatividade nas emissões de GEE (BRANDÃO et al., 2012).

Dessa forma, a comunidade científica nacional e internacional têm se preocupado frequentemente e discutido os impactos e as contribuições para o aquecimento global, gerados pela agricultura e outras formas de uso do solo (SOUZA; PREZOTTI; MARTINS, 2012). Nesse sentido, a fim de atingir os objetivos propostos, a seguir são apresentados e discutidos os resultados obtidos na quantificação das concentrações de poluentes atmosféricos em uma área considerada com ausência de emissões antrópicas e em área de queimada, no município de Lages-SC.

Os dados coletados durante a amostragem dos pontos controles estão apresentados na Tabela 4. Dentre os poluentes quantificados, com exceção do CO<sub>2</sub>, os demais apresentaram concentração igual a 0,0 µg/m<sup>3</sup>. A temperatura do ar apresentou média de 19,6°C e a umidade relativa ambiente média foi de 68,5%.

Controle	CO2	SO2	CO	NO	NO2	T	U
	----- $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -----					$^{\circ}\text{C}$	%
PC1	436.000	0	0	0	0	20	69,1
	445.000	0	0	0	0	19,9	68,5
	441.000	0	0	0	0	20	68,5
PC2	447.000	0	0	0	0	19,9	67,2
	445.000	0	0	0	0	19,9	66,8
	435.000	0	0	0	0	19,9	66,9
PC3	435.000	0	0	0	0	19	69,9
	444.000	0	0	0	0	19	69,9
	453.000	0	0	0	0	19	69,8
<b>Média</b>	<b>442.333,3</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>19,6</b>	<b>68,5</b>

Tabela 4: Concentrações obtidas na amostragem dos pontos controle.

O setor de transportes é considerado o principal emissor de poluentes atmosféricos, devido a queima de combustíveis fósseis (BARCZAK; DUARTE, 2012). Sendo assim, a ausência de fontes emissoras antropogênicas na área resultou em nenhum registro de concentração para os poluentes  $\text{SO}_2$ , CO, NO e  $\text{NO}_2$ . Entretanto, o CO é um elemento encontrado naturalmente na atmosfera, devido a assimilação pelas plantas e algas que realizam fotossíntese (BRANCO; MURGEL, 2010). Dessa forma, é possível que a concentração de CO não tenha sido registrada por estar abaixo do limite de detecção do equipamento de medição.

Já os compostos NO,  $\text{NO}_2$  e  $\text{SO}_2$  são lançados na atmosfera a partir da combustão, e apesar de a Lei nº 12.651/12 dispor em seu artigo 38 que o emprego de queima controlada em Unidade de Conservação é autorizada, quando em conformidade com o plano de manejo e prévia aprovação do órgão gestor da Unidade de Conservação (BRASIL, 2012); no respectivo dia em que a coleta de dados foi realizada não havia a ocorrência da prática no PARNAMUL. O  $\text{CO}_2$  foi identificado em altas concentrações, com uma média de 442.333,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , e desde o início do século XX tem-se observado um aumento na proporção de  $\text{CO}_2$  no ar atmosférico, em consequência do excesso de produção decorrente da expansão industrial (FELLENBERG, 2003).

A Tabela 5 demonstra as concentrações médias dos poluentes atmosféricos, e os valores de temperatura e umidade relativa ambiente obtidos na área dos pontos de queimada. As concentrações médias de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ , CO, NO e  $\text{NO}_2$ , foram de 946.777,7; 1.666,6; 82.555,5; 18.932,5 e 38.849,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente. A temperatura média foi de 34°C e média da umidade relativa ambiente de 26,4 %.

Queimada	CO2	SO2	CO	NO	NO2	T	U
	-----µg/m <sup>3</sup> -----					°C	%
PQ1	697.000	1900	21000	4762	33939	33,3	27,2
	709.000	1800	49000	16918	9179	33,5	27,2
	683.000	1700	74000	21988	6457	33,5	27,2
PQ2	751.000	1800	76000	9595	21393	33,5	27,2
	940.000	1700	86000	19364	89174	33,5	25,8
	1.072.000	1600	93000	13041	54372	34,7	25,8
PQ3	1.178.000	1400	112000	26538	26100	34,7	25,8
	1.215.000	1500	115000	32000	72012	34,7	25,8
	1.276.000	1600	117000	26187	37016	34,7	25,8
<b>Média</b>	<b>946.777,7</b>	<b>1.666,6</b>	<b>82.555,5</b>	<b>18.932,5</b>	<b>38.849,1</b>	<b>34,0</b>	26,4

Tabela 5: Concentrações obtidas na amostragem dos pontos de queimada.

Na área dos pontos de queimada as concentrações obtidas para os poluentes foram maiores, comparadas a área dos pontos controle. O CO<sub>2</sub> foi o único poluente amostrado em que se identificou concentração na área dos pontos controle, apresentando um aumento de aproximadamente 114% na área de queimada. Práticas como queimas, fertilização mineral, intervenção frequentes e preparo intensivo do solo são responsáveis pelas emissões de CO<sub>2</sub>, sendo assim, os bosques e agroecossistemas executam um papel importante no ciclo global de carbono (SOUZA; PREZOTTI; MARTINS, 2012).

Pode-se observar que o NO<sub>2</sub> apresentou concentração duas vezes maior que a concentração de NO, uma vez que o NO oxida-se a NO<sub>2</sub> pelo efeito da radiação, além de ambos serem formados pelas reações de combustão em temperaturas elevadas. O SO<sub>2</sub>, formado pela combustão de substâncias que contém enxofre, como o petróleo, é encontrado geralmente em regiões industriais, assim, foi o composto registrado em menor concentração, porém mesmo que em pequenas quantidades é capaz de provocar danos severos à saúde humana (BRANCO; MURGEL, 2010).

Há fatores característicos da área de queimada que influenciam o fogo durante a prática, como a quantidade de material sobre o solo e suas propriedades, o teor de matéria orgânica, o relevo, a umidade e textura, além de fatores meteorológicos, como a temperatura, umidade e velocidade dos ventos (BROWN et al., 2018). A temperatura média teve um aumento de cerca de 73%, enquanto a umidade relativa ambiente média demonstrou uma queda em aproximadamente 138%, entre a área controle e de queimada, conforme ilustrado na Figuras 2.

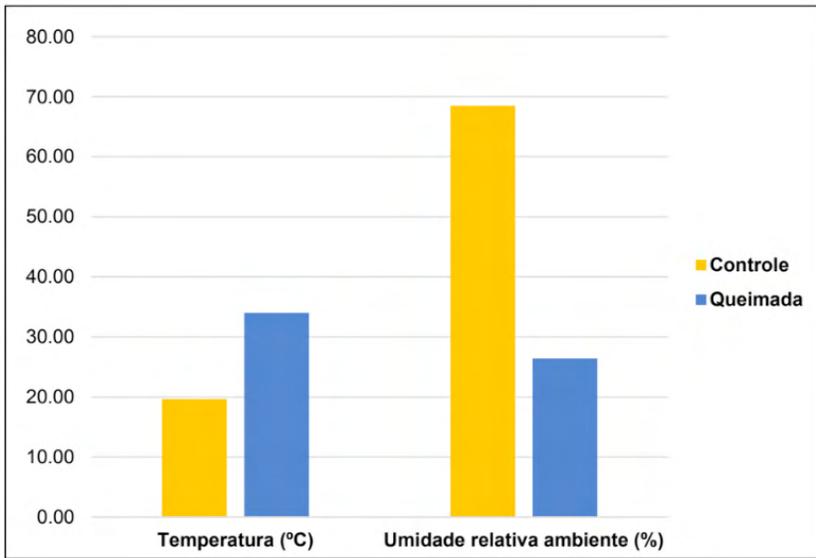


Figura 2: Comparativo entre as médias de temperatura e umidade dos pontos controles e de queimada.

A ação natural provocada pelo fogo, de aumento da temperatura e queda da umidade, favorece o aumento das concentrações dos gases emitidos durante a queima. Já que a temperatura e a umidade apresentam uma relação inversamente proporcional, na qual em temperaturas amenas, a umidade tende a elevar-se e os gases são dissipados pelo vapor d'água (BARRY; CHORLEY, 2013).

A emissão de GEE para a atmosfera, originados a partir de atividades antrópicas, está alterando a composição da atmosfera (BERNERS-LEE et al., 2012). Os impactos causados pelos GEE alcançam os meios ambiental e social. No solo, o fogo é capaz de provocar alterações de natureza física, química e biológica, as quais podem se tornar permanentes e vão depender de vários fatores que podem estar relacionados às características do fogo ou do solo. No entanto, a longo prazo os prejuízos da prática da queimada podem ser maiores que os benefícios de seu uso (REDIN et al., 2011).

Silva e Colombero (2019) realizaram um estudo de levantamento dos impactos decorrentes das emissões antrópicas de GEE. Dentre os impactos ambientais, e consequentemente das mudanças climáticas, pode-se destacar a redução dos recursos hídricos nas regiões subtropicais, risco a extinção de espécies, aumento do nível do mar, e o impacto sobre a segurança alimentar, pois as principais culturas sofrerão impactos negativos devido ao aumento das temperaturas. Dessa forma, os impactos ambientais geram efeitos sobre o bem-estar das gerações, atuais e futuras, e suas relações na sociedade. Pois, o estresse pelo calor, a ocorrências de desastres, a disponibilidade e acesso a alimentos, os impactos à saúde e a integridade territorial, causam prejuízos a manutenção adequada da vida humana, aumentando o risco de conflitos violentos.

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo proporcionou quantificar e avaliar as emissões de GEE a partir da prática da queima de biomassa no município de Lages- SC, considerando uma área em condições de fontes emissoras de GEE de origem antrópica inexistentes, por se tratar de uma Unidade de Conservação de Proteção Integral, e uma área com ocorrência de queimada. Assim, foi possível verificar o aumento das concentrações dos poluentes atmosféricos comparando as concentrações obtidas nas duas áreas.

Tanto o  $\text{NO}_2$  quanto o  $\text{CO}_2$ , que são produtos de reações envolvendo os elementos NO e CO, respectivamente, apresentaram concentrações maiores que seus precursores na área de queimada. Estes são compostos formados a partir da combustão, porém, O  $\text{SO}_2$  apresentou a concentração mais baixa dentre os gases amostrados, mas apesar de também ser proveniente do processo de combustão, é comumente encontrado em regiões industriais.

Os GEE presentes na atmosfera são responsáveis pela ocorrência de impactos de diferentes magnitudes e em diferentes meios. Esses impactos estão diretamente relacionados ao meio ambiente, que por consequência lesionam a vida humana e seu meio social. Diante disto, se faz necessária a adoção de estratégias de mitigação e o controle das atividades emissoras, de maneira mais severa. Pois o conjunto de atividades humanas, bem como o aceleração do processo industrial e urbano, tornam perceptíveis as transformações impulsionadas pelos efeitos desses impactos.

## AGRADECIMENTOS

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão das bolsas de estudos.

## REFERÊNCIAS

ABNT. **Norma 10151: Acústica**. Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas -Aplicação de uso geral. Rio de Janeiro: 2019.

BARCZAK, R.; DUARTE, F. Impactos ambientais da mobilidade urbana: cinco categorias de medidas mitigadoras. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 4, n. 1, p. 13-32, jan./jun. 2012.

BARRY, Roger Graham; CHORLEY, Richard John. **Atmosfera, Tempo e Clima**. 9ª. ed. Porto Alegre: Brookman, 2013, 512 p.

BERNERS-LEE, M. et al. The relative greenhouse gas impacts of realistic dietary choices. **Energy Policy**, v. 43, p. 184-190, 2012.

BRANCO, S. M.; MURGEL, E. **Poluição do ar**. 2ª. ed. Curitiba: Moderna, 2010, 112 p.

BRANDÃO, F. S. et al. O papel do agronegócio brasileiro na redução de emissão de gases de efeito estufa (GEES). **Revista Agro@ambiente**, v. 6, n. 1, p. 84-90, jan./abr. 2012.

BRASIL. Lei nº12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] União**, de 28 de maio de 2012, Seção 01, Página 1. Brasil: 2012.

BROWN, Vinicius et al. Efeitos no solo e nas culturas após vinte anos de cultivo convencional e semeadura direta. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences/Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.13, n. 1, 2018.

CANADÁ. BW Technologies by Honeywell. **Guia de Referência Rápida**. Calgary, 2005.

CARDOZO, F. S. et al. Análise das mudanças dos parâmetros físicos da superfície derivados das queimadas no estado de Rondônia. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 20, n. 4, p. 830-854, out/dez, 2014.

ESTADOS UNIDOS. RAE Systems by Honeywell. **Guia do Usuário do MiniRAE 3000**. San Jose, ago. 2010.

ESTADOS UNIDOS. Eagle Series Portable Multi-Gas Detector. **Instruction Manual Eagle Series Portable Multi-Gas Detector**. Union City, ago. 2009.

FELLENBERG, G. **Introdução aos problemas da poluição ambiental**. 4ª. ed. São Paulo: EPU, 2003, 196 p.

GONÇALVES, K. S.; CASTRO, H. A.; HACON, S. S. As queimadas na região Amazônica e o adoecimento respiratório. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 6, p. 1523-1532, 2012.

IBGE. **População Estimada**. Brasília, 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/por-cidade-estado-estatisticas.html?t=destaques&c=4209300>>. Acesso em: 15, abr. 2021.

ICHOKU, C.; KAHN, R.; CHIN, M. Satellite contributions to the quantitative characterization of biomass burning for climate modeling. **Atmospheric Research**, v. 111, p. 1-28, 2012.

IPCC. Intergovernmental Panel of Climate Change. **Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU)**. Organizers Pete Smith, Mercedes Bustamante. Genebra, IPCC, 2018.

KAISER, J. W. et al. Biomass burning emissions estimated with a global fire assimilation system based on observed fire radiative power. **Biogeosciences**, v. 9, p. 527–554, 2012.

MARENGO, J. A. et al. Recent developments on the South American monsoon system. **International Journal of Climatology**, v. 112, n. 384, 2010.

PARNAMUL. **Nossa História**. Lages, 2020. Disponível em: <<http://www.parquenaturaldelages.com.br/historia>>. Acesso em: 15, abr. 2021.

REDIN, M. et al. Impactos da queima sobre atributos físicos, químicos e biológicos do solo. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 2, p. 381-392, abr./jun. 2012.

RIO GRANDE DO SUL. AKSO Produtos Eletrônicos Ltda. **Manual de Instruções AK786 Medidor de CO2 com termo-higrômetro**. São Leopoldo, Jardim América.

SANTA CATARINA. **Instrução Normativa nº 30**. Autorização automática para queima controlada de campo e queima de resíduos florestais. Florianópolis: jul. 2020.

SEBRAE/SC. Serviço de Apoio às Micro Empresas de Santa Catarina. **Lages em números. Serviço de Apoio às Micro Empresas de Santa Catarina-SEBRAE/SC**. Organizadores Cleber Borba Nascimento; Diego Wander Demetrio. Florianópolis: SEBRA/SC, 2017.

SILVA, K, Z. COLOMBO, R. Mudanças Climáticas: Influência Antrópica, Impactos e Perspectivas. **Journal of Social, Technogical and Environmental Science**, v. 8, n. 3, p. 47-68, 2019.

SOUZA, J. L.; PREZOTTI, L. C.; MARTINS, A. C. Potencial de sequestro de carbono em solos agrícolas sob manejo orgânico para redução da emissão de gases de efeito estufa. **IDESIA (Chile)**, v. 30, n. 1, p. 7-15, 2012.

TEIXEIRA, N. C. et al. Análise Preliminar da Relação Entre Queimadas e Chuvas no Estado de Santa Catarina. In: **XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Florianópolis. Laboratório de Controle da Qualidade do Ar, UFSC, 2017.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

- Activated sludge 72, 73
- Anthropogenic actions 88
- Aquatic biota 250
- Artificial ecosystem 115
- Atmospheric indicators 1, 2

### B

- Biodigesters 186
- Biodigestion 186, 187
- Biofertilizer 186, 254
- Biogas 186, 204, 254
- Biological filters 72
- Biomass 102, 103, 112

### C

- Cerrado biome 88
- Chlorination 28
- Contaminants of Emerging Concern (CEC) 245

### D

- Drugs 235, 246, 251, 252, 254, 255

### E

- Ecosystem 115
- Effluents 28, 43, 72, 256
- Environmental impact 218
- Evapotranspiration 115

### F

- Fecal coliforms 15

### G

- Geostatistical method of spatialization (Krigagem) 115

### H

- Heat islands 115, 123
- Human Development Index (HDI) 205

## **I**

Inclusive recycling 145

## **L**

Lakes 54

## **M**

Mayan communities 57

Mixed Integer Linear Programming (MILP) 156, 158

## **N**

National Institute for Space Research (INPE) 88

National Solid Waste Policy (PNRS) 134, 159, 166, 169, 175, 178, 235

## **O**

Oligotrophic 43

Organic waste 178, 180, 181, 182

## **P**

Percolating 72

Pesticide 245, 248, 249, 251, 252, 253, 254

Pharmaceuticals 245, 247, 249, 250, 251, 252

Phytoplankton 43

Polishing pond 72

Precipitable water (PW) 2, 4

## **Q**

QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe) 245, 247, 248, 249, 250, 251, 253, 254, 255

## **R**

Recyclable materials 134, 135, 154, 162, 164, 178, 183

Residential condominiums 178, 179, 183

Reuse 27, 28, 135, 180, 183, 218, 256

Rivers 43

## **S**

Sanitation 70, 165, 166, 169, 174, 205, 206

Sewage treatment 252, 256

Solar radiation 115, 256

Solid waste 134, 154, 156, 157, 158, 159, 166, 169, 171, 175, 176, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 187, 235

Solid Waste Master Plan 178

Stabilization ponds 72

State Institute for the Environment and Water Resources (IEMA) 124

Sustainability 176, 178, 182, 184, 219

Synchrotron radiation 15, 218

## **U**

United States Environmental Protection Agency (USEPA) 28

Urban solid waste management 159, 175, 183

## **W**

Waste Transfer Station (WTS) 156, 157, 171, 174, 176

Water pollution 15

Water resources 26, 57, 124, 162, 250

Water treatment 218

World Health Organization (WHO) 28, 250

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

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

 @atenaeditora

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

---

*Collection:*

# APPLIED ENVIRONMENTAL AND SANITARY ENGINEERING

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 @atenaeditora  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](http://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

---

*Collection:*

# APPLIED ENVIRONMENTAL AND SANITARY ENGINEERING