

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-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

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

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

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

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

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



## 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**

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

*Data de aceite: 10/01/2022*

*Data de submissão: 08/11/2021*

### **Ariston da Silva Melo Júnior**

Doutor pela Unicamp e Pós Doutor pelo IPEN/  
USP

São Paulo (SP), Brasil

<http://lattes.cnpq.br/0010807076892082>

**RESUMO:** A necessidade de água para a humanidade se faz necessária é importante para o desenvolvimento da humanidade e para garantir a continuidade da espécie humana no planeta Terra. Sem essa importante fonte de manutenção da vida não seria possível à existência de vida no planeta Terra, o que faz com que seja tão vital quanto à presença de oxigênio na atmosfera terrestre. Para suprir as crescentes demandas de suprimento de água para 7 bilhões de seres humanos para sedentação, agricultura e processos industriais, torna-se cada vez mais importante a preservação das fontes hídricas bem como o monitoramento das reservas de abastecimento para consumo humano. Tal necessidade torna-se devido à proliferação de doenças por via aquática, como febre tifoide e cólera, entre outras. Por isso, o presente estudo teve como objetivo investigar a qualidade de três marcas distintas de água potável engarrafada de modo a verificar seu padrão de qualidade com relação a concentração de elementos químicos presentes através da técnica de radiação síncrotron e a análise de coliformes fecais pelo

método Colilert® para avaliar possíveis fontes contaminadas. O projeto contou com apoio do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) e as instalações laboratoriais da Unicamp. Sendo que cada marca de água mineral recebeu a designação A, B e C. Tendo como resultados para concentração multielementar a presença dos elementos químicos: Alumínio (Al); Fósforo (P); Enxofre (S); Cloro (Cl); Potássio (K); Cálcio (Ca); Manganês (Mn); Ferro (Fe) e Zinco (Zn). Quanto as concentrações de coliformes fecais ficaram abaixo de 0,10 NMP/100 mL, mostrando uma uniformidade das fontes de exploração mineral.

**PALAVRAS-CHAVE:** Água doce, Poluição Hídrica, Meio Ambiente, Engenharia.

### ANALYSIS OF THE COMMERCIALIZED DRINKING WATER STANDARD IN RELATION TO THE CHEMICAL ELEMENTS PRESENT BY THE SINCROTRON AND FECAL COLIFORM RADIATION TECHNIQUE BY THE COLILLERT® METHOD

**ABSTRACT:** The need for water for humanity is needed is important for the development of humanity and to ensure the continuity of the human species on planet Earth. Without this important source of life maintenance it would not be possible for life to exist on planet Earth, which makes it as vital as the presence of oxygen in the earth's atmosphere. In order to meet the growing demands of water supply for 7 billion human beings for sedentation, agriculture and industrial processes, the preservation of water sources as well as the monitoring of supply reserves for

human consumption is becoming increasingly important. This need is due to the proliferation of waterborne diseases such as typhoid fever and cholera, among others. Therefore, the present study aimed to investigate the quality of three distinct brands of bottled drinking water in order to verify their quality standard in relation to the concentration of chemical elements present by the synchrotron radiation technique and the analysis of fecal coliforms by the method. Colilert® to evaluate possible contaminated sources. The project was supported by the National Synchrotron Light Laboratory (LNLS) and the Unicamp laboratory facilities. Each brand of mineral water received the designation A, B and C. As a result of multi-elemental concentration the presence of the chemical elements: Aluminum (Al); Phosphorus (P); Sulfur (S); Chlorine (Cl); Potassium (K); Calcium (Ca); Manganese (Mn); Iron (Fe) and Zinc (Zn). As for the concentrations of fecal coliforms were below 0.10 NPM/100 mL, showing a uniformity of mineral exploration sources.

**KEYWORDS:** Fresh Water, Water Pollution, Environment, Engineering.

## INTRODUÇÃO

O recurso hídrico é um importante constituinte para a existência de vida. À sobrevivência de todos os seres vivos e o seu fornecimento em quantidade e qualidade é vital para a manutenção da humanidade. O reflexo da importância das fontes de água potável pode ser notado pela presença e desenvolvimento de civilizações milenares como egípcia, babilônica e greco-romana. Uma vez que tais povos só prosperaram e se desenvolveram graças a reservas de água potável próximas em seus territórios.

Segundo Shiklomanov (1997) em termos quantitativos, o volume total de água existente na Terra é constante e apenas 2,5% deste são constituídos por água doce. Contudo, da parcela de 2,5% de água doce, somente 0,3% constitui a porção superficial de água presente em rios e lagos, as quais estão passíveis de exploração e uso pelo humano. Shiklomanov (1997) expôs que ao se analisar em termos qualitativos, a água é uma molécula composta de hidrogênio e oxigênio capaz de transportar substâncias e moléculas bióticas e abióticas da superfície terrestre até os rios, lagos, oceanos e aquíferos, tornando-os um ponto de concentração dos materiais carregados, tal característica dá à água o título de solvente universal.

O crescimento vertiginoso da população humana e o grande recrudescimento do setor industrial e tecnológico acarretou uma demanda cada vez mais acelerada e maciça por fontes de água limpa para abastecimento público e como matéria prima para o setor primário e secundário. Pelo fato das reservas superficiais serem constantes e o grande impacto ambiental gerado pelo mau uso das fontes hídricas, o que ocasiona em grandes desastres ambientais com a poluição desenfreada dos corpos d'água, torna importante o estudo de tecnologias e metodologias que visem preservar as fontes potáveis e consequentemente preservar a vida no planeta.

Segundo projeções da Organização das Nações Unidas (ONU) indicam que, se a

tendência de consumo e poluição persistir, em 2050 mais de 45% da população mundial estará vivendo em países que não poderão garantir a cota diária mínima de 50 litros de água por pessoa (MELO JÚNIOR *et al.*, 2019).

A proposta de pesquisa adotou a análise de três marcas de garrafas potáveis no mercado, para tanto denominadas de: A, B e C. O intuito foi investigar o padrão de qualidade da água engarrafada e comercializada no mercado de consumo. Para o estudo foi utilizado o método de Colillert® para determinação de presença ou não de coliformes fecais e a moderna técnica de radiação síncrotron para avaliar a concentração de elementos químicos presentes nas amostras de água engarrafadas. A técnica de radiação síncrotron foi realizada no Laboratório Nacional e Luz Síncrotron (LNLS), localizado na cidade de Campinas, São Paulo, Brasil. Enquanto, as análises de coliformes fecais foram estudadas no laboratório da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

### **Recursos Hídricos no Brasil**

Segundo Lima (1999) em função da dimensão territorial do Brasil, o mesmo apresenta grandes variações relacionadas ao clima, geologia, relevo, vegetação e também de recursos hídricos, desenvolvimento econômico e social e de distribuição da população. Com base na distribuição das águas superficiais, o território brasileiro comporta 13,7% da água doce do globo terrestre. Ressaltando que as reservas superficiais de água doce no planeta são apenas 0,3% (MELO JÚNIOR *et al.*, 2019).

A maior parte das reservas brasileiras de água doce superficial encontram-se 73% (dos 13,7% em reserva global) na região norte na bacia Amazônica, que é habitada por menos de 5% da população brasileira (LIMA, 1999). Por outro lado, apenas 27% dos recursos hídricos superficiais brasileiros estão disponíveis para as demais regiões, onde residem 95% da população do país (LIMA, 1999).

À má distribuição hídrica, ocasiona problemas a possíveis crises de abastecimento nos centros de maior demanda, tendo que os problemas são maiores em bacias hidrográficas onde as retiradas de água superam a disponibilidade hídrica, o que obriga a busca de fontes alternativas de água pela população. Neste contexto, as bacias próximas a grandes centros urbanos são as mais prejudicadas, além de ter a agravante do comprometimento da qualidade das águas devido à urbanização descontrolada, que ocasiona o aumento nos custos de tratamento e restringe os usos da água (ANA, 2005).

Já no meio rural, as principais interferências aos recursos hídricos se dá pela destruição das áreas de vegetação permanentes, pela utilização indiscriminada de agrotóxicos e de fertilizantes e pela má destinação dos dejetos animais e humanos. Todos esses contaminantes são carreados pela água com as partículas de solo ou são depositados diretamente nos mananciais hídricos superficiais (GONÇALVES, 2003).

## A água mineral

Águas minerais são aquelas que por sua composição química ou características físico-químicas são consideradas benéficas à saúde. A rigor, toda água natural, por mais pura que seja, contém sais.

As águas subterrâneas são especialmente enriquecidas em sais retirados das rochas e sedimentos por onde circularam muito vagarosamente (ÁGUAS MINEIRAIS, 2003). Durante muito tempo acreditou-se que as águas minerais tinham uma origem diferente da água subterrânea. Sabe-se hoje, contudo, que ambas têm a mesma origem (ÁGUAS MINEIRAIS, 2003). Duas teorias clássicas sobre a origem das águas minerais se confrontam durante muito tempo: a teoria da origem meteórica, que admite ser a água mineral proveniente da própria água das chuvas infiltradas a grandes profundidades, e a teoria da origem magmática, que explica a origem dessas águas a partir de fenômenos magmáticos como vulcanismo. Hoje, com os conhecimentos sobre a distribuição da água no planeta, a primeira teoria é a mais aceita, uma vez que se admite que as águas de origem magmática, também denominadas juvenis, constituem uma fração irrelevante do volume total (ÁGUAS MINEIRAIS, 2003).

A teoria da origem meteórica considera a água mineral um tipo particular de água subterrânea cuja formação resulta da ressurgência das águas das chuvas infiltradas a grandes profundidades, através de fraturas e falhas tectônicas, em velocidade muito lenta. Ao defrontar-se com descontinuidades de estruturas geológicas (falhas, diques, etc.), impulsionadas pelo peso da coluna de água superposta e, em certos casos, por gases e vapores nelas presentes, essas águas emergem à superfície sob forma de fontes (ÁGUAS MINEIRAIS, 2003). No Brasil, o surgimento de fontes está condicionando a teoria da origem meteórica. Há regiões no Brasil, onde se verificam um meteorismo bastante intenso e, nestas mesmas regiões situa-se o maior número de indústrias envasadoras de água mineral (REIS, 1998). Sendo assim, a origem da água mineral e a sua mineralização estão intimamente ligadas à infiltração da água da chuva e sua circulação nos perfis geológicos.

### **Ação de coliformes fecais em fontes hídricas**

Para Bitton (2005) os coliformes fecais ou também denominados termotolerantes são bactérias exclusivas de origem fecal, entre elas: *Escherichia coli*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter* e *Proteus*.

Os coliformes fecais são bactérias Gram-negativas, em forma de bacilos, oxidase negativas, que podem fermentar a lactose em 44,5°C e forma colônias quando expostos ao meio de Ágar que é um meio gelatinoso utilizado para formar grânulos de colônias bacterianas (CABRAL, 2010).

Segundo Buma (2017) dentre os microrganismos pertencentes à família *Enterobacteriaceae*, *E. coli* é o indicador mais confiável na identificação da contaminação de origem fecal humano e animal porque é o único do grupo coliforme que é exclusivamente

de origem fecal. Diferente das espécies pertencentes aos gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citobacter* que não são de origem exclusivamente fecal. No entanto, podem ser facilmente isolados no solo, em águas ambientais ricas em nutrientes, nas plantas, em matéria orgânica em decomposição e outras matrizes ambientais. Deste modo, a presença de coliformes termotolerantes em águas ambientais não significa categoricamente que tenha sido proveniente de origem fecal.

A *E. coli* é caracterizada pelas técnicas laboratoriais por apresentar uma expressão da enzima  $\beta$ -glucuronidase quando exposta em meios de substratos específicos, produz indol a partir do aminoácido triptofano, sendo a única espécie do grupo coliforme termotolerante cujo habitat exclusivo e primário é o intestino de mamíferos e aves (CERQUEIRA *et al.*, 1999; CABRAL, 2010; COSTA *et al.*, 2011). Assim, *E. coli* termotolerante é a enterobactéria utilizada mundialmente como indicador mais preciso de contaminação fecal em águas ambientais e, portanto, está presente nas normas de análise de qualidade de água (BUMA, 2017).

## **METODOLOGIA**

### **Estudo de Caso**

O projeto contou com a aquisição de três amostras de água engarrafada e comercializada no mercado de consumo na cidade de São Paulo (Brasil). Onde a aquisição foi realizada em centro comum de compras de supermercados. As amostras foram congeladas a  $-5^{\circ}\text{C}$  para conservação e preservação de suas características para posterior análise em laboratório, quanto aos parâmetros em foco da pesquisa.

### **Análise por Radiação Síncrotron por Reflexão Total**

O projeto de pesquisa contou com análise da concentração elementar química presente em três amostras distintas de água potável engarrafada comercial para análise da real concentração química presente.

A técnica para análise adota foi realizada no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) em Campinas pelo processo de reflexão total que conta com a análise multielementar dos compostos químicos presentes na água engarrafada sem necessidade de destruição das amostras por ação ácida.

### **Radiação Síncrotron com Reflexão Total ferramenta de detecção de metais**

Na análise por reflexão total, deve-se retirar uma alíquota de 1 ml de água mineral de estudo e adicionado com uso de pipeta automática um padrão de Gálio de  $100\ \mu\text{l}$  ( $102,5\ \text{mg.L}^{-1}$ ) usado como padrão interno, resultando em uma concentração de  $9,32\ \text{mg.L}^{-1}$  do padrão em cada amostra.

O padrão interno foi utilizado para eliminar a não uniformidade da alíquota no

suporte, porque o filme fino formado sobre o substrato não possui geometria regular. Desta forma, a intensidade dos raios X obtida na irradiação da amostra depende da posição em que esta foi colocada no suporte. Com a adição do padrão interno, o resultado obtido será sempre em relação a este padrão, não importando, dessa forma, a posição da amostra (MELO JÚNIOR, 2007). Ao final do preparo 5,0 mL da solução resultante foi então pipetada sob a placa de lúcite e secou-se com auxílio de uma lâmpada infravermelha a amostra, conforme Figura 1.

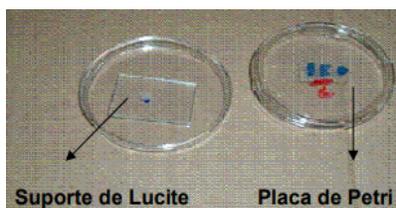


Figura 1: Suporte de lúcite utilizado para a deposição da amostra.

### Instalações da Linha de Radiação Síncrotron – Técnica de Reflexão Total

A linha de radiação síncrotron para reflexão total destina-se à análise da composição química multielementar ( $Z \geq 13$ ) em aplicações científicas de determinação de elementos traços em ciências ambientais, biológicas e materiais, perfil de profundidade química de filmes finos e mapeamento químico. Ela opera com feixe de 4 a 23 KeV (MELO JÚNIOR, 2007).

Na Figura 2 é apresentada a tubulação da linha DO9B – XRF, utilizada no experimento, por onde passa o feixe de luz síncrotron do anel para a estação experimental de fluorescência.



Figura 2: Foto da tubulação do anel para a linha DO9B – XRF do LNLS.

Na estação experimental de fluorescência de raios X, para a detecção dos raios X foi utilizado um detector semicondutor de Ge hiperpuro, com janela de berílio de 8 mm de espessura, uma área ativa de 30 mm<sup>2</sup>, acoplado a um módulo amplificador e com uma

placa analisadora multicanal, inserida em microcomputador. A Figura 3 mostra a estação D09B-XRF e uma visão parcial do anel de radiação.



Figura 3: Estação experimental D09B-XRF do LNLS com a instrumentação.

O arranjo experimental permite a rotação e a translação da amostra de forma a obter a condição para a reflexão total do feixe incidente sobre a amostra que está alocada na placa retangular de lúcite (Perspex) fixada no porta-amostra, permitindo a medida dos elementos químicos contidos na amostra. A Figura 4 mostra em detalhe uma das três amostras de água mineral depositada sobre o refletor e o detector com o colimador.

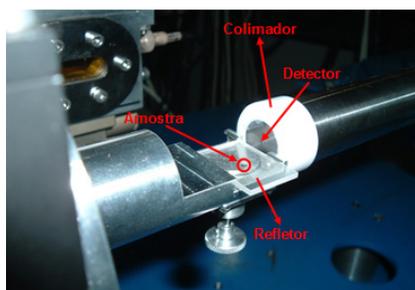


Figura 4: Arranjo experimental da SR-TXRF.

## **Análise de Coliformes fecais**

Como forma suplementar de estudos, uma parte das amostras coletas foi analisada pelo método de colillert®. O método permitiu avaliar a possibilidade de presença de coliformes fecais nas amostras.

Tal medida foi sugerida, uma vez que há possibilidade da existência de fontes de água potável para engarramento que sofram ação de contaminantes pelo processo de percolação de coliformes e escoamento pelo lençol freático que alimenta as fontes aquíferas em regiões com presença de habitações adjacentes que utilizam ainda sistemas de descarte de dejetos arcaicos, por exemplos, fossas sépticas.

## Coliformes Fecais: Método – Cartela Colilert

O método Colilert consiste na quantificação dos coliformes totais e fecais presentes em uma dada amostra, através da mistura entre a amostra e o reagente Colilert patenteado, com posterior transferência da solução para uma cartela estéril (100 ml), a qual é selada e mantida incubada a  $35\pm 2^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas (1ª leitura) e 48 horas (2ª leitura-confirmação).

Os resultados são obtidos pela relação de valores positivos entre os quadrados maiores e menores da cartela, com aqueles verificados na tabela padrão para o teste Colilert. Para a aplicação do método foram utilizados: Seladora para cartelas Colilert; Autoclave vertical; Câmara escura equipada de radiação UV; Incubadora termo-regulável ( $35\pm 2^{\circ}\text{C}$ ); Balão de fundo chato (esterilizado\*); e Proveta 100 ml.

O tempo de utilização em autoclave foi de 15 minutos, onde os frascos foram totalmente vedados com tampões (preparados com gases), papel alumínio e papel kraft (camada dupla). Durante o procedimento de análise de coliformes fecais pelo método Colilert foram utilizados 50 ml de amostra de água mineral que passaram pelas etapas, a seguir.

Transferiu-se o volume de amostra num balão volumétrico de 100 ml de fundo chato estéril para diluição pretendida, de modo que o volume final fosse de 100 ml; sendo que em cada amostra, adicionou-se uma cartela do reagente Colilert e agitou-se até a dissolução completa. Depois se transferiram os 100 ml finais para uma cartela Colilert estéril, colocando sobre o suporte da seladora e selando-se a mesma; e manteve-se a cartela em incubadora termo-regulável a  $35\pm 2^{\circ}\text{C}$ . Sendo que após 24h na incubadora, anotaram-se os valores positivos nos quadrados grandes (49 espaços) e pequenos (48 espaços). Os valores positivos foram aqueles nos quais uma coloração amarela forte se desenvolveu. O mesmo procedimento foi realizado observando-se as cartelas em uma câmara escura equipada de luz UV, de modo que, para este caso, os quadrados grandes e pequenos a serem anotados foram aqueles que desenvolveram uma luminescência azul característica; e depois se anotaram os valores registrados; e repetiu-se o procedimento após 48 horas para confirmação dos resultados.

### Cálculo do número mais provável de coliformes fecais

Os resultados são obtidos a partir da cartela padrão do método que correlaciona os valores observados nos quadrados grandes com aqueles observados nos quadrados pequenos. Por exemplo, em uma análise que utilizou 50 ml de amostra foram observados 10 quadrados positivos grandes com 15 quadrados positivos pequenos para coliformes totais e 5 quadrados positivos grandes com 3 quadrados positivos pequenos para coliformes fecais (OLIVEIRA, 2013).

## RESULTADOS

### Análise pela Técnica Radiação Síncrotron – Validação

Para garantir que os valores detectados são confiáveis foi construída uma curva característica com padrões definidos. Assim, obteve-se um grau de confiabilidade para depois avaliar as amostras coletadas.

A sensibilidade elementar foi calculada usando cinco soluções padrões com elementos conhecidos e em diferentes concentrações, acrescidos do elemento gálio (Ga) usado como padrão interno. Para isso denomina-se de série K a faixa para essa curva de padrão. Foi determinada a sensibilidade experimental para os elementos contidos nas soluções e os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1.

Número Atômico	Elemento Químico	Sensibilidade
19	K	0,083270
20	Ca	0,086387
22	Ti	0,199891
24	Cr	0,393820
26	Fe	0,593576
28	Ni	0,796228
30	Zn	0,897568
31	Ga	0,975819
34	Se	0,809614
38	Sr	0,306673

Tabela 1 - Sensibilidade experimental para a série K.

Ao utilizar os dados obtidos da Tabela 1 foi levantada a curva de grau de confiabilidade a partir de uma curva gráfica característica, denominada curva da sensibilidade relativa para série K. Na Figura 5 observa-se a curva característica de confiabilidade para os elementos na faixa de interesse de estudo.

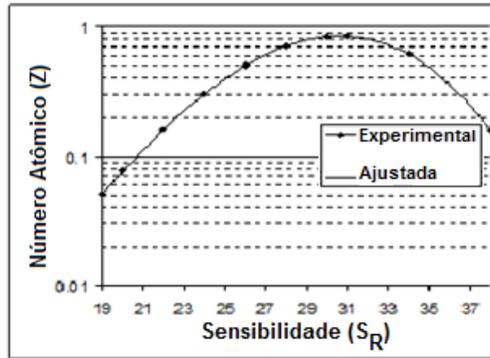


Figura 5: Curva da sensibilidade relativa ( $S_{Ri}$ ) para série K.

A curva de sensibilidade apresentada na Figura 5 permitiu que inicialmente se utilizassem amostras certificadas com valores conhecidos.

Isso possibilitou que se ao utilizar o mesmo feixe de energia utilizado na curva de sensibilidade para as amostras certificadas, os valores fossem próximos aos pré-definidos, então as amostras coletadas e analisadas, seus valores fossem realmente os esperados.

O ajuste foi feito com um padrão certificado pelo *National Institute of Standards and Technology* (NIST).

A Tabela 2 têm-se as amostras certificadas pela NIST para o padrão denominado pela NIST como *Drinking Water Pollutants*, com os valores certificados pela NIST e os medidos no LNLS.

Elemento	Valor Medido e Intervalo de Confiança (mg.L <sup>-1</sup> )	Valor Certificado e Intervalo de Confiança (mg.L <sup>-1</sup> )
Cr	8,91 ± 0,18	8,89 ± 0,45
As	8,66 ± 0,17	8,77 ± 0,45
Se	4,87 ± 0,07	4,69 ± 0,23
Cd	4,55 ± 0,64	4,54 ± 0,23
Ba	89,99 ± 0,76	91,89 ± 4,55
Pb	10,03 ± 1,01	10,09 ± 0,45

Tabela 2 - Comparação dos valores medidos e certificados pela NIST.

Só após essa validação do sistema foi então que se utilizaram as amostras secas nas placas de lúcite das tres fontes de água mineral e determinaram-se seus valores químicos elementares, conforme a Tabela 3.

Amostra	Elemento Químico – símbolo								
	Al	P	S	Cl	K	Ca	Mn	Fe	Zn
A	103,5	95	120	205	391	155	119	205	38
B	115	89,5	129,5	198,5	389	149,5	105	210	37
C	98,95	105	131	201	378	151,5	111,5	218,5	30

Tabela 3 - Concentração ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) média dos elementos químicos das amostras minerais.

A Tabela 3 apresenta que os elementos químicos detectados pela técnica de radiação sincrotron, entre eles: Alumínio (Al); Fósforo (P); Enxofre (S); Cloro (Cl); Potássio (K); Cálcio (Ca); Manganês (Mn); Ferro (Fe) e Zinco (Zn) tiveram um comportamento muito próximo. Assim, revelando que as procedências das águas minerais possuem características similares quanto a sua fonte freática. Os valores foram detectados em valores na ordem de  $\mu\text{g.L}^{-1}$ , o que permite avaliar que seus valores não apresentam potencial de danos a saúde humana. Importante salientar que os valores registrados na Tabela 3 foram obtidos em triplicatas de cada amostra de água mineral, para melhorar os valores e com isso seu valor estatístico.

### Análise da presença de Coliformes Fecais

Os dados analisados pelo método de Colillert podem ser observados na Tabela 4, a seguir.

Amostra	Concentração em NMP/100 mL
A	0,08 $\pm$ 0,46
B	0,07 $\pm$ 3,68
C	0,09 $\pm$ 0,80

Tabela 4 – Coliformes Fecais (NMP) nas amostras minerais.

Os valores de baixa concentração, revelam que as amostras estão dentro dos valores permissíveis e com isso aptos ao consumo humano. É importante comentar que as fontes subterrâneas profundas tornam-se um ótimo ambiente para a presença natural deste íon, mas que não excluem o seu efeito adverso à saúde, sobretudo nas crianças que possuem em seu sistema digestivo condições ótimas para a redução bacteriológica do nitrato a nitrito, principal causa da metemoglobinemia (FERNÍCULA e AZEVEDO, 1981).

## CONCLUSÃO

A pesquisa realizada teve um grande papel na investigação do padrão de qualidade

das águas minerais comercializadas. Isso é importante, uma vez que o consumo nos grandes centros tem-se aumentado nos últimos anos.

Além da investigação dessas amostras que chegam ao mercado de consumo, devem-se pesquisar também as fontes minerais, bem como se realizar uma verificação da conservação dos mananciais de exploração para evitar impactos ambientais e a preservação das fontes de modo a suprir as necessidades crescentes frente ao grande recrudescimento populacional.

## REFERÊNCIAS

BITTON, G. **Microbial indicators of fecal contamination: Application to microbial**. Florida Stormwater Association, p. 7. 2005.

BUMA, E. L. L. **Identificação e distinção de fonte de poluição fecal na Bacia Hidrográfica Ribeirão João Leite por metodologias moleculares**. Dissertação. Universidade Federal de Goiás. 2017.

CABRAL, J. P. S. **Water microbiology. Bacterial pathogens and water**. Environ. Res. Public Health, v. 7, p. 3657-3703, 2010.

CERQUEIRA, D.A. et al. **Perfis de ocorrência de coliformes termotolerantes e Escherichia coli em diferentes amostras de água**. 1999.

COSTA, R. **Coagulase-positive Staphylococcus and enterobacteria in fresh shrimp Litopenaeus vannamei**, p. 566-571, 2011.

CHEN, J. R.; CHAO, E. C. T.; MINKIN, J. A., et al. The Uses of Synchrotron Radiation Sources for Elemental and Chemical Microanalysis. **Nuclear Instruments and Methods**., v. 49B, p. 533-543, 1990.

FERNÍCULA, N. G. G.; AZEVEDO, F. A. **Metemoglobinemia e nitrato nas águas**. Revista de Saúde Pública, v. 15, n. 2, p. 242-248, 1981. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89101981000200009>

GONÇALVES, C. S. **Qualidade de águas superficiais na microbacia hidrográfica do arroio Lino Nova Boêmia – Agudo – RS**. 2003. 90f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

LIENDO, J. A.; GONZÁLEZ, A. C.; CASTELLI, C., et al. Comparison between Proton-Induced X-Ray Emission (PIXE) and Total Reflection X-ray Fluorescence (TXRF) Spectrometry for Elemental Analysis of Human Amniotic Fluid, **X-Ray Spectrometry**, v. 28, p. 3-8, 1999.

LIMA, J. E. F. W; FERREIRA, R. S. A; CHRISTOFIDIS, D. O uso da irrigação no Brasil. In: **Estado das águas no Brasil – 1999: Perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos**. SIH/ANEEL/MME; SRH/MMA. 1999, p. 73-82.

LIMA, C. C. **INDUSTRIALIZAÇÃO DA ÁGUA MINERAL**. Universidade Católica de Goiás. Monografia. 65p. 2003.

MELO JÚNIOR, A. S.; SANTOS, G. R.; SILVA, G. S.; MELO, R. C. C.; JESUS, T. A. **Monitoramento da concentração de oxigênio dissolvido (od) em lagoas de estabilização.** Revista INOVAE – Journal of Engineerig, Architecture and Technology Innovation, pg. 128-146. 7 edição. 2019.

MELO JÚNIOR, A. S. **Análise quantitativa do material particulado na região de campinas através das técnicas de microfluorescência de raios x e reflexão total usando radiação síncrotron.** Tese de Doutorado. UNICAMP. 2007.

MELO JÚNIOR, A. S. **Dinâmica da remoção de nutrientes em alagados construídos com *Typha sp.*** Dissertação de Mestrado. UNICAMP. 2003.

OLIVEIRA, C. F. P. M. **Aplicação do Colilert® à enumeração de Escherichia coli em alimentos.** Dissertação. Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar – Peniche. Instituto Politécnico de Leiria. 2013.

REIS, M.M. **Fontes naturais: vantagens de uma captação correta.** Revista Engarrafador Moderno, São Paulo, nº60, p.53-56, out.1998.

SHIKLOMANOV, I. A. Comprehensive assessment of the Freshwater resources to the world. In: **Assessment water resources and water availability in the world.** WMO/SEI, 1997. 85p.

SALVADOR, V. L. **Introdução à técnica de fluorescência de raios X.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN (IPN-014), 2003.

Von SPERLING, M. Poluição de ambientes aquáticos: tendências futuras para os países latino-americanos. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 27, 2000, Porto Alegre. **Anais.** Porto Alegre: ABRH, 2000. CD ROM.

## 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