

ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL:

# RECURSOS HÍDRICOS & TRATAMENTO DE ÁGUA 2

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA  
(ORGANIZADOR)

ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL:

# RECURSOS HÍDRICOS & TRATAMENTO DE ÁGUA 2

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA  
(ORGANIZADOR)

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

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



## Engenharia sanitária e ambiental: recursos hídricos e tratamento de água 2

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Mariane Aparecida Freitas  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

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

E57 Engenharia sanitária e ambiental: recursos hídricos e tratamento de água 2 / 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 978-65-258-0382-1

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.821222208>

1. Engenharia sanitária e ambiental. 2. Água. 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



## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## APRESENTAÇÃO

O e-book intitulado: “Engenharia sanitária e ambiental: Recursos hídricos e tratamento de água 2” é constituído por quatorze capítulos de livros que se distribuem em três eixos-temáticos: *i)* gerenciamento de resíduos sólidos e potencial de contaminação de recursos hídricos por combustíveis; *ii)* certificação e qualidade dos sistemas de tratamento de esgoto e; *iii)* implantação e análise físico-química e biológica de fontes de captação de água para fins potáveis.

Os capítulos de 1 a 3 apresentam estudos que procuraram avaliar: *i)* o gerenciamento de resíduos sólidos proveniente de um restaurante no município de Morros/MA; *ii)* avaliação de normas e medidas de prevenção de contaminação de recursos hídricos por substâncias e derivados de combustíveis comercializados nos postos de abastecimento em áreas urbanas e; *iii)* avaliação e levantamento de patologias presentes em canais de drenagem de águas residuárias na cidade de Aracajú/SE.

Do quarto ao sexto capítulo, os estudos investigaram: *iv)* requisitos para a obtenção de qualidade ambiental (ISO 14.001) na estação de tratamento de esgoto (ETE) da cidade de Petrolina/PE; *v)* aplicação de sistemas de gestão para melhoria da eficiência de ETE e; *vi)* avaliação financeira para implantação e uso de fossa séptica em escolas.

Os capítulos de 7 a 14 apresentam estudos que procuraram avaliar a implantação e análise de sistemas de abastecimento de água a partir de diferentes fontes de captação. Entre os quais, destaca-se: *vii)* a implantação e otimização de um sistema de abastecimento de água em setores da cidade de Guarapiranga/SP; *viii)* eficiência do processo de cloração na desinfecção de águas para fins potáveis no município de São Mateus e na área rural da cidade de Aracruz, ambas no estado do Espírito Santo; *ix)* estudo comparativo de espacialização no Rio Itacolomi/CE entre os anos de 1990 a 2020; *x)* avaliação de parâmetros físico-químicos da água do Rio Parnaíba destinada a atividade de piscicultura; *xi)* avaliação do sistema de abastecimento de água no município de Montes Claros/MG oferecido pela concessionária municipal (AMASBE) e estadual (COPASA); *xii)* condições de abastecimento de água em comunidade pesqueira no município de Paço do Lumiar/MA; *xiii)* avaliação e análise das condições de saneamento básico na comunidade Menino Jesus na cidade de Candeias/BA e; *xiv)* interligação da gestão de recursos hídricos e a disseminação do vírus Zika e a incidência de microcefalia na região nordeste brasileira.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando de forma a estimular e incentivar cada vez mais pesquisadores do Brasil e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros, capítulos de livros e artigos científicos.

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **AVALIAÇÃO DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS: ESTUDO DE CASO EM UM RESTAURANTE NO MUNICÍPIO DE MORROS, MARANHÃO**

Allison Pires dos Santos

Andréa Patrícia Castro Leite

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8212222081>

### **CAPÍTULO 2..... 18**

#### **ESTUDO DAS NORMAS E MEDIDAS DE SEGURANÇA APLICADA EM POSTOS DE ABASTECIMENTO DE COMBUSTÍVEIS EM REGIÃO DA CIDADE DE MANAUS (AM)**

Wendel Miguel Barbosa Alves

Cristianlia Amazonas da Silva Pinto

Sávio Raider Marques Sarkis

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8212222082>

### **CAPÍTULO 3..... 29**

#### **LEVANTAMENTO DE PATOLOGIAS NO CANAL DE DRENAGEM DA AVENIDA JOSÉ CONRADO DE ARAÚJO, EM ARACAJU, SERGIPE**

Zacarias Caetano Vieira

Carlos Gomes da Silva Júnior

Juliany Souza Palmeira

Carla Mirele Souza dos Santos

Carla Suellen Alves Santos

Rosilma Almeida da Silva

Alan Matheus dos Santos Mota

Laline Cristine Gomes de Araújo

Diego Fabrício Rodrigues Andrade

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8212222083>

### **CAPÍTULO 4..... 38**

#### **O ACOMPANHAMENTO DOS REQUISITOS LEGAIS ASSOCIADOS A CERTIFICAÇÃO ISO 14.001 NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CENTRO – PETROLINA**

Marcella Vianna Cabral Paiva

Raquel da Silva Bonfim

Silvia Mariana da Silva Barbosa

Tatiana de Oliveira Calado

Elisabeth Laura Alves de Lima

Silvanete Severino da Silva

Taiane de Carvalho Amorim

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8212222084>

### **CAPÍTULO 5..... 48**

#### **UTILIZAÇÃO DE SISTEMA DE GESTÃO DE SERVIÇOS DE SANEAMENTO PARA MELHORIA DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE ESGOTO**

Marcella Vianna Cabral Paiva

Taiane de Carvalho Amorim  
Sílvia Mariana da Silva Barbosa  
Tatiana de Oliveira Calado  
Raquel da Silva Bonfim  
Elisabeth Laura Alves de Lima  
Silvanete Severino da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8212222085>

**CAPÍTULO 6..... 60**

**ANÁLISE FINANCEIRA DE CONSTRUÇÃO E USO DE FOSSA SÉPTICA COM DIFERENTES VOLUMES EM ESCOLA**

Zacarias Caetano Vieira  
Carlos Gomes da Silva Júnior  
Alan Matheus dos Santos Mota  
Laline Cristine Gomes de Araújo  
Diego Fabrício Rodrigues Andrade

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8212222086>

**CAPÍTULO 7..... 66**

**IMPLANTAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DO SETOR DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA GRAJAU E MARILDA**

Richard Welsch  
Thiago Santim  
Henrique dos Santos de Oliveira  
Edilson Souza Santos  
Alessandro Esmeraldo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8212222087>

**CAPÍTULO 8..... 77**

**DIAGNÓSTICO E DESINFECÇÃO DA ÁGUA PARA USO RESIDENCIAL**

Aloísio José Bueno Cotta  
André Romero da Silva  
João Pedro Brunelli Souza  
João Luca do Livramento  
Bernardo Soares Pirola  
Emanuelly Souza de Menezes  
Igor Donizete Nunes Bravo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8212222088>

**CAPÍTULO 9..... 87**

**ANÁLISE COMPARATIVA E ESPACIALIZAÇÃO DO PARÂMETRO CN (*CURVE NUMBER*) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITACOLOMI, CEARÁ, ENTRE OS ANOS DE 1990, 2005 E 2020**

Ulisses Costa de Oliveira  
Edilson Holanda Costa Filho  
Ana Maria Maia  
Cleverton Caçula de Albuquerque

Priscila Soares Mendonça  
Natália Pinheiro Xavier  
Willian Richard de Souza Cidral  
Wartyson Douglas Santos de Menezes  
Izaias de Souza Silva  
Carlos Alberto Mendes Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8212222089>

**CAPÍTULO 10..... 95**

**VIABILIDADE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DO RIO PARNAÍBA NO USO DA PISCICULTURA**

Denise Aguiar dos Santos  
Eliaquim Alves dos Santos Melo  
José Guilherme Pinho Oliveira Sales  
Mony Daniel Barros Costa  
Thalison Cleto Silva Ferreira  
Marcelo Richelly Alves de Oliveira  
Maxwell Lima Reis  
Maria Dulce Pessoa Lima

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.82122220810>

**CAPÍTULO 11..... 108**

**ANÁLISE DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE MONTES CLAROS – MG**

Luma Soares Costa  
Lorena Maria Guimarães Alves  
Guilherme Augusto Guimarães Oliveira  
Camila Santos Cordeiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.82122220811>

**CAPÍTULO 12..... 117**

**ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA COMUNIDADE PESQUEIRA DA PRAIA OLHO DE PORCO, PAÇO DO LUMIAR, MA, BRASIL: UM DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO**

Jennipher Rafaelle Costa Bezerra Muniz  
Juliana de Faria Lima Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.82122220812>

**CAPÍTULO 13..... 129**

**SANEAMENTO BÁSICO EM MENINO JESUS - CANDEIAS/BA: UMA ABORDAGEM CRÍTICA SOBRE O CENÁRIO ATUAL**

Sergio Sacramento dos Santos  
Ingrid de Oliveira Mario  
Ailmara Karoline Correia Teófilo  
Martilo Cirino Cardoso Neto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.82122220813>

<b>CAPÍTULO 14.....</b>	<b>143</b>
<b>GESTÃO DE ÁGUA, ZIKA E OS CASOS DE MICROCEFALIA NO NORDESTE DO BRASIL</b>	
Estela Miridan Rosas	
Alessandra Moraes da Rocha	
Carlos José Sousa Passos	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.82122220814">https://doi.org/10.22533/at.ed.82122220814</a>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>155</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>156</b>

## IMPLANTAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DO SETOR DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA GRAJAU E MARILDA

Data de aceite: 01/08/2022

### **Richard Welsch**

SABESP-SP

Gerente da Operação de Água e Controle de Perdas da Unidade de Gerenciamento Regional Interlagos na Unidade de Negócio Sul da Diretoria Metropolitana São Paulo-SP

### **Thiago Santim**

Gerente de Operações na Suez Brasil São Paulo-SP

### **Henrique dos Santos de Oliveira**

Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo  
Engenheiro Civil, a área da Operação de Água e Controle de Perdas da Unidade São Paulo-SP

### **Edilson Souza Santos**

Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo  
Encarregado operacional, responsável pelo controle e redução de perdas, Controle e Monitoramento dos equipamentos operacionais São Paulo-SP

### **Alessandro Esmeraldo**

Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo  
Encarregado operacional, responsável pelo controle e redução de perdas, Controle e Monitoramento dos equipamentos operacionais São Paulo-SP

**RESUMO:** O Setor de abastecimento Grajau está vinculado à Unidade de negócio Sul (MS), e é suprido pelo Sistema de abastecimento do Guarapiranga. A média de volume disponibilizado (VD) por ligação faturada no período de fevereiro de 2017 a março de 2018 foi de 20,95m<sup>3</sup> por ligação faturada. O número de ligações totais do setor é de 144.192 um com uma população de 343.945 habitantes e um índice de águas não faturadas de 47,54%, ou um Volume Perdido Anual (VPA) de 18.174.536.000 litros de água por ano. Este era o cenário ao final do ano de 2017, quando recebemos a visita da alta administração da Unidade de Negócio e as perspectivas nos melhores cenários era de manter as perdas neste patamar, ou investir para mudar de patamar e criar uma ruptura, realmente fazendo valer a pena investir para ganhar em Volume Perdido (VP). Assim sendo foi possível estruturar um projeto e demonstrar como a modelagem hidráulica, aliada a boas propostas de setorização, podem não somente atingir excelentes resultados, mas também antecipar com segurança os valores que deverão ser atingidos, após a execução das obras, servindo assim como balizador para eficácia das soluções propostas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Redução de Perdas , modelagem hidráulica, Contrato de Performance.

## INTRODUÇÃO

Perdas Reais representam as perdas de água do sistema de abastecimento decorrentes de vazamentos na infraestrutura de distribuição e/ou de extravasamentos em reservatórios.

Dentre as intervenções para o controle de perdas reais, onde se realizam as ações de caráter corretivo e preventivas focadas nas principais causas das Perdas Reais são os vazamentos em ramais, vazamentos em redes, pressões altas, entre outras. Além da infraestrutura (material de ramal e rede, idade, etc.) o fator físico de análise deve ser a pressão por zona ou área controlada por VRP (setorização).

A eficiência energética constitui-se como uma valiosa oportunidade para as empresas de saneamento básico, consolidarem a sua sustentabilidade com a criação de valor real para o negócio e simultaneamente para a sociedade e para o meio ambiente, garantindo um consumo mínimo de energia segundo a real necessidade de vazão /pressão de água para os seus sistemas.

## OBJETIVO (S)

Reduzir as perdas físicas do Setor de Abastecimento Grajau em no mínimo 18%

## METODOLOGIA UTILIZADA

A metodologia escolhida foi a de Estudo de Caso - Implantação e Otimização do Setor de Abastecimento de Água Grajau e Marilda.

### Breve histórico do Setor de Abastecimento Grajau

Em 2017 o setor de abastecimento Grajau tinha uma população de 343.945 mil habitantes e contava uma extensão de rede de 658 km e uma área de 51 km<sup>2</sup>.

O setor de abastecimento estava dividido em 03 zonas de pressão (Zona Alta, Zona Baixa e uma zona de coroa chamada de Zona Altíssima). Conforme apresentado na Figura 01.

A Figura 02 apresenta o sistema de abastecimento no formato unifilar.

set/17		
VD	2.892.986	m3/mês
	1488,16	l/s
VU	2.035.814	m3/mês
	1047,23	l/s
Para um VM	1.587.587	m3/mês
	816,66	l/s
VP	1.305.399	m3/mês
	230,57	l/s
Usos	448227	m3/mês
Ligação	134.094	
IPDT	213	l.lig/dia
IANC	45,12%	

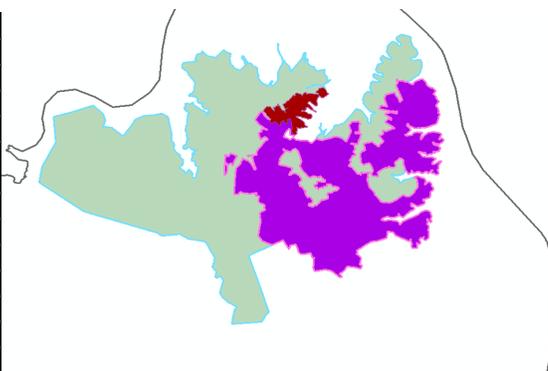


Figura 01 – Setor Grajau e tabela de informações em 2017



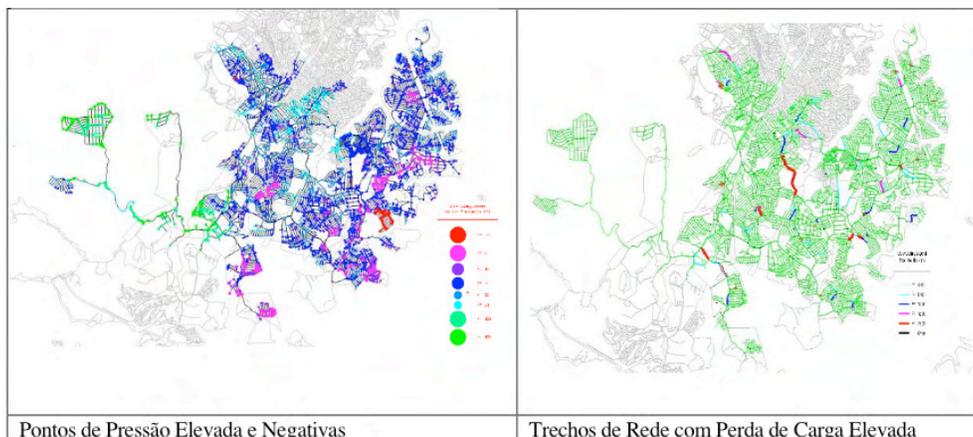


Figura 04 – Apresentação dos pontos de cargas de pressões extremas e com elevada perda de carga

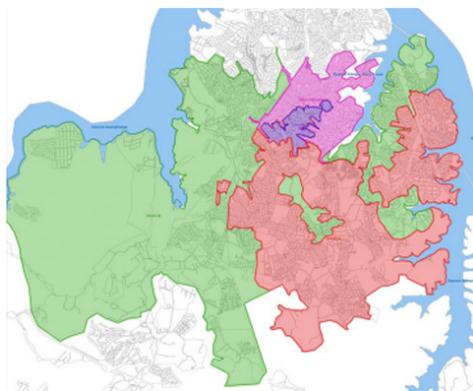
Com a modelagem foi possível diagnosticar diversas anomalias do sistema, como pontos de pressão elevada, evidenciando novas áreas para a implantação de Válvulas Redutoras de Pressão, ou identificar os problemas que ocasionam a ocorrência de falta d'água, ou mesmo trechos com elevada perda de carga.

Uma vez nomeado o problema, identificada a causa raiz, é realizada uma proposta de solução que é rapidamente inserida no modelo e instantaneamente sabe-se a solução será ou não eficaz e mais, também é possível saber se a solução proposta causa algum outro problema a montante ou jusante da sua implantação.

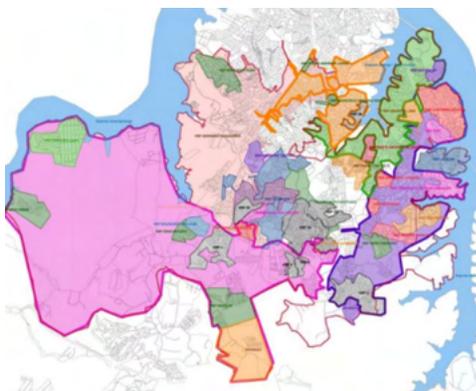
O objetivo a ser alcançado é manter a cota piezométrica entre 10mca e 30mca.

A partir deste ponto, começa a ser elencada um conjunto de soluções (já testadas em alternativas e cenários no modelo hidráulico) de modo a compor um pacote que irá ser orçamentado e licitado.

O plano de pressão médio passara de 42 mca para 32 mca, conforme figura 05:



Setorização antiga do Grajau : Pressão média de 42mca



Setorização nova do Grajau : Pressão média de 32mca

Figura 05 – Pressões médias no setor antes e após a nova setorização

Outro ponto muito frágil antigo setor, era a operação por Booster. No SA Grajau havia 02 grandes boosters em zona de pressão, e quando havia um problema quer relacionado com manutenção ou falta de energia elétrica o número de reclamações de falta d'água crescia exponencialmente.

A análise crítica do mês Dez/2017 do indicador de Falta d'água, relaciona os números de ocorrências do ano de 2017 com as falhas dos diversos Booster do Setor Grajau. A figura 06 traz a análise crítica e as áreas de influência.

#### Análise Crítica:

O indicador se manteve abaixo da meta prevista durante praticamente o ano todo, com exceção aos meses de Março onde tivemos várias ocorrências de queda de energia elétrica e manutenções de equipamentos, Maio tivemos insuficiência de adução devida limpeza e desinfecção do reservatório Grajau, falta de energia elétrica nas EEA's e diversas manutenções em equipamentos e Dezembro como segue:.

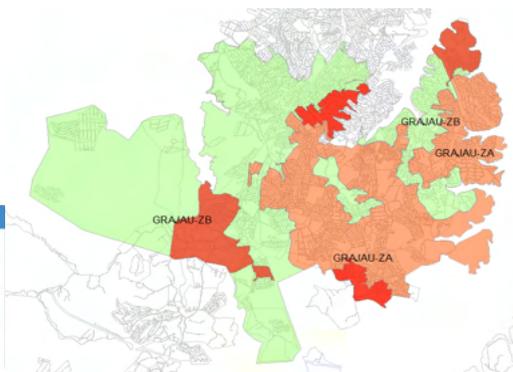


Figura 06 – Analise Critica do ano de 2017 a mapa das áreas de influência dos Boosters

Outro ponto importante e que o plano piezométrico da Zona Alta Grajau estava fixado, na pressão mínima de 38 mca e no decorrer do dia chegava a 40 mca, esse procedimento operacional tornara-se obrigatório em razão do projeto do Booster Zona Alta Grajau. Quando da sua implantação, os projetistas não acreditavam que as pressões de recalque fossem ficar abaixo de 40 mca, portanto no dimensionamento do Booster fizeram

uma opção por trabalhar com as bombas em série. No entanto, com o decorrer dos anos e com o ajuste fino do Setor de Abastecimento, conseguimos atingir o patamar de eficiência em que poderíamos operar com pressões menores, no entanto para isso seria necessário implantar um novo Booster conforme Figura 07, este sim operando individualmente, liberando a Estação Elevatória da Zona Alta para poder operar com pressões de 30 mca.

Isto implica em um ganho da ordem de 12 mca em toda a Zona Alta do Setor Grajau.

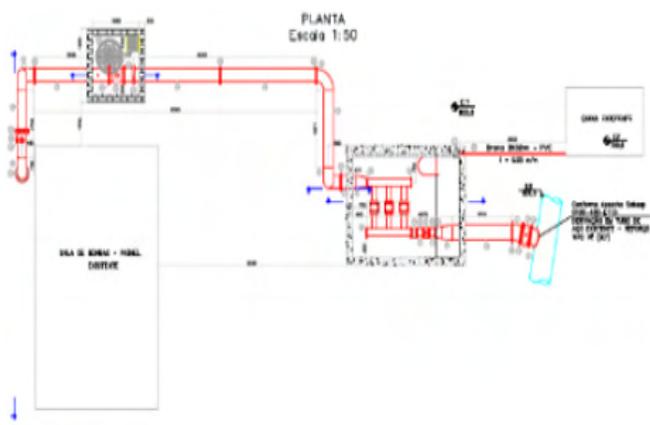


Figura 07 – Projeto remodelado do novo Booster Zona Altíssima, direta da rede

## A Proposta de Contratação do Performance de Volume Perdido (VP)

A proposta advinda dos cenários da modelagem hidráulica, apontavam para que fosse criada um novo setor de abastecimento (Jardim Marilda), conforme figura 08. Este reservatório já fazia parte do PMA e deveria ser construído no ponto oposto ao reservatório Grajau, na cota mais alta do sistema. Com este novo reservatório abriria a possibilidade para a desativação da maioria dos boosters, com a inclusão de novas Válvulas redutoras de Pressão, de modo a controlar o sistema por alças.

O escopo compreenderá serviços de engenharia para reduzir volume perdido (VP) em três programas de benefícios:

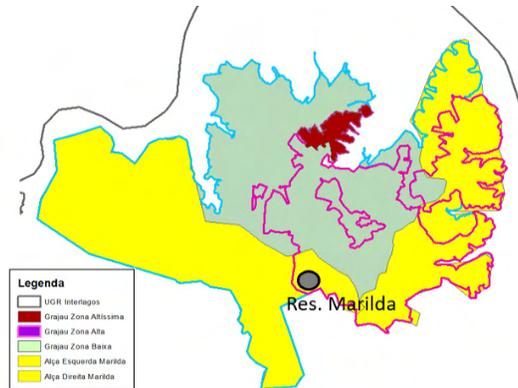


Figura 08 – Projeto remodelado do novo Booster Zona Altíssima, direto da rede

Setorização para implantação de novo setor de abastecimento Jardim Marilda:

1 – Programa para redução de pressão nas redes (obras para setorização):

A – Estudos, projetos E execução de reservatório metálico (10.000 m<sup>3</sup>) para nova setorização do setor Grajaú, Figura 10.

B – Projeto executivo e implantação de aproximadamente 500 metros de adutora em aço Ø 700 mm em túneis ARMCO de 1,2 metros para criação do novo setor de abastecimento Grajaú e interligação Ø 700 mm para abastecimento do novo Reservatório;



Figura 09 – Novo Reservatório Jd. Marilda. Metálico 10.000m<sup>3</sup>

2 – Programa para gestão de pressão nas redes (serviços de engenharia):

A – Estudos, projetos E implantação do booster zona altíssima para a nova setorização Grajaú;

B – Estudos, projetos E adequação da Estação Elevatória de água Grajaú/ Parelheiros;

C – Estudos, projetos E implantação de 11 (onze) VRP's no setor de abastecimento Grajaú;

D - Projeto executivo e implantação de redes e interligações 13.500 metros de (110 a 400 mm) para setorização do novo setor de abastecimento Grajaú.

E – Estudos, modelagem matemática, medições de campo, projetos executivos e especificações técnicas.

F – Estudo e diagnóstico de eficiência energética em instalações de saneamento.

3 – Programa de controle ativo de vazamentos (detecção de vazamentos não visíveis, reparo, troca de ramal e regularização):

A – Estudos, plano de trabalho e execução de um programa de varredura para detecção de vazamentos não visíveis em 1.322 Km de redes.

B - Reparos de vazamentos em rede, ramal e trocas de ramal;

Para alcançar o objetivo optou-se pelo regime de contratação semi-integrada, regulamentada pela Lei 13.303/16 e regido pelo Regulamento Interno de Licitação e Contratação, para a prestação dos serviços técnicos de engenharia, elaboração de estudos, projetos e a implantação de planos de trabalho através de um contrato de Performance.

Neste tipo de contrato o valor global do contrato, ofertado pela Contratada, corresponde a uma composição da Remuneração Básica acrescida da bonificação da Performance que será calculado em 20% da Remuneração Básica. O prazo de vigência contratual programado foi de 60 (sessenta) meses consecutivos e ininterruptos, contados da data da celebração do termo sendo: 18 meses – Implantação do escopo obrigatório com Remuneração Variável, 12 meses – Apuração de performance com Remuneração Variável, 30 meses – Remuneração Fixa.

A grande vantagem deste tipo de contratação, e que a empresa construtora, torna-se parceira interessada no alcance dos resultados posteriores a implantação das soluções propostas. Com isso o envolvimento torna-se diário buscando soluções rápidas para os problemas da operação.

## **RESULTADOS OBTIDOS OU ESPERADOS**

Como resultado deste projeto, era esperado uma economia 18% do VP ou seja 308.802 m<sup>3</sup>/mês, mas a intenção é atingir o valor de 370.563m<sup>3</sup>/mês, cerca de 120% ou uma economia anual de 4.446.750.000 de litros de água por ano, ou 25% de todo o Volume Perdido no Setor Grajau.

O resultado obtido na apuração dos primeiros 5 meses de apuração da performance foi uma economia de 1.680.301.000 de litros ou uma média mensal de 420.075 m<sup>3</sup>/mês,

valor superior ao esperado no contrato, conforme a Figura 10.

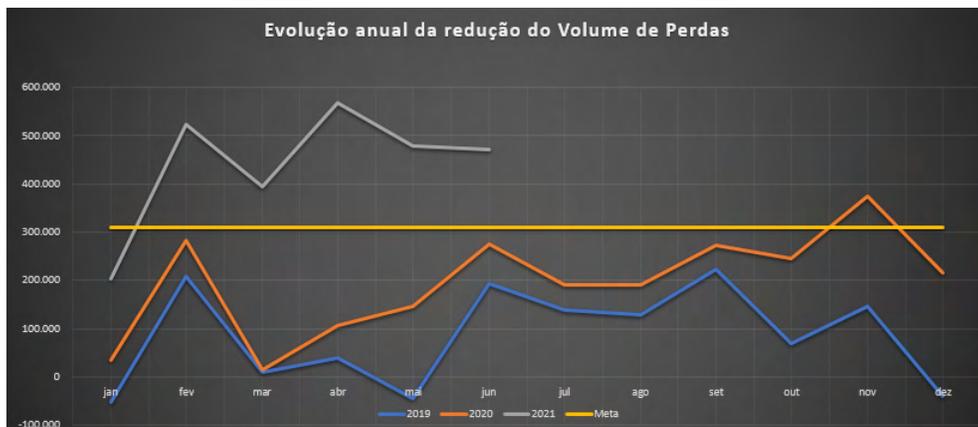


Figura 10 – Gráfico com a redução de Volume de Perdas e meta de 18% do VP

Quando da análise dos cenários criados com a modelagem, com a análise chegamos a estes números que após as obras concluídas, ficaram muito próximos dos cenários modelados.

	Indicadores	Projeção		Apurado			Indicadores	Projeção		Apurado	
		set/17	jun/21	set/17	jun/21			set/17	jun/21		
Grajaú	VD	1.575.015	m3/mês	2.208.656	m3/mês	Marilda	VD	871.776	m3/mês	833.610	m3/mês
	VM	1.014.183	m3/mês	1.695.351	m3/mês		VM	573.404	m3/mês	653.854	m3/mês
	VP	560.832	m3/mês	513.305	m3/mês		VP	298.372	m3/mês	179.756	m3/mês
	IPDT	140	l.lig/dia	187,00	l.lig/dia		IPDT	102	l.lig/dia	98,43	l.lig/dia
	Ianc	35,61	%	23,24%	%		Ianc	34,23	%	21,56%	%
	Ligações	85.662	unidades	90.244	unidades		Ligações	48.432	unidades	60.039	unidades

Tabela 1: Comparativo dos Indicadores Projetados e Atingidos em Perdas

Podemos verificar através dos números apresentados, que todas as soluções apresentadas nos diversos cenários que foram propostos no processo de modelagem hidráulica, surtiram o efeito desejado e que a análise econômico financeira do empreendimento, que demonstrou a sua viabilidade técnico econômica foram certas.

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Quando observamos a evolução da Economia (m³/mês) relativos ao Setor de Abastecimento Grajaú ao longo dos anos (2015-2018) é possível identificar pequenas variações mês a mês, que se justificavam por questões de temperatura e demanda, mas de modo geral não havia mais uma evolução significativa na economia. Isto significava

uma estagnação no patamar de perdas, compatível com os valores disponibilizados na manutenção do sistema.

Julian Thornton, componente da força tarefa da IWA, salienta em Aquino (2007) que: “Quando se está tentando reduzir perdas, é necessária uma gestão contínua. Ela é mais importante do que a técnica em si, se você não faz uma gestão continuada, você não vai conseguir diminuir as perdas de forma sustentável”

Até “quanto” se deve perseguir a redução de perdas? Foi definido anteriormente o “limite técnico” para as perdas em um dado local (perdas “inevitáveis”), mas existe outro limite, quase sempre acima daquele, que é o “limite econômico”, ou seja, há um ponto em que os custos para reduzir as perdas (no caso deste exemplo, os reais) superam os custos de produção e distribuição de água (ou os custos marginais para o desenvolvimento de um novo sistema produtor de água) reflete TARDELLI (2016)

Foi esta realidade que levou ao investimento proposto, e o objetivo de provocar uma ruptura nos indicadores do setor de abastecimento Grajau, conforme Figura 11, que foi amplamente alcançado e até mesmo superado como podemos ver no gráfico abaixo.

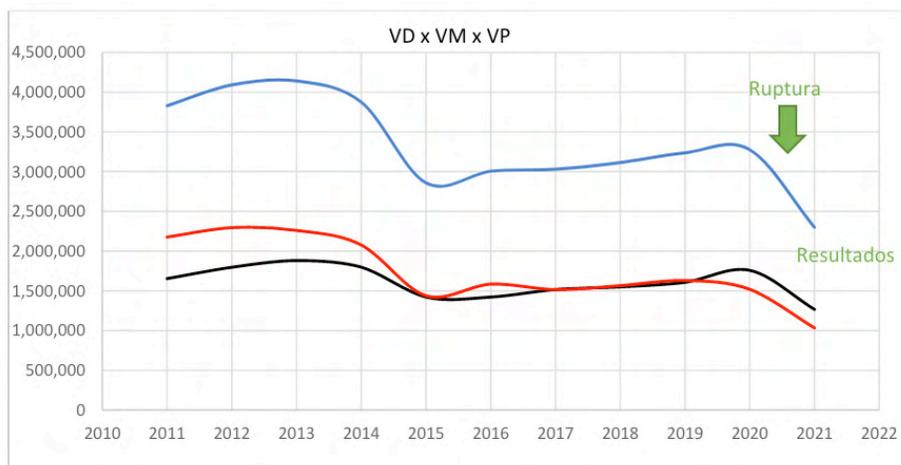


Figura 11 – Gráfico com a redução de Volume de Perdas e meta de 18% do VP, ruptura em Perdas.

Como melhorias implementadas ao longo da vigência do contrato, temos ainda

- Otimização de recursos de mão de obra, materiais e equipamentos;
- Otimização do tempo de execução das atividades e ou operações
- Estrutura de macromedição confiável
- Garantia da melhoria da eficiência operacional, melhor recuperação do abastecimento
- Nova estrutura de Válvulas Redutoras Pressão.

## CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

O estudo da nova Setorização, realizado em 2017, para implantação do novo setor Marilda apoiado pela modelagem hidráulica, aliado as boas propostas e a uma execução consistente conseguiram efetivar a ruptura de um patamar estabelecido em perdas no Setor Grajau e apontar com segurança os indicadores de perdas do novo setor Marilda.

Os investimentos em redução de perdas têm o efeito de melhorar a qualidade dos serviços melhorando a gestão e o controle operacional, e com as ferramentas como a modelagem hidráulica e com os profissionais de engenharia habilitados, torna-se possível antever os resultados finais com bastante assertividade.

Para finalizar, trazemos o registro feito por TARDELLI (2016) de uma fala de LAMBERT (2013), e resume o esforço feito neste trabalho:

“O primeiro passo é ser honesto e admitir que você tem um problema; daí então começar a quantificar esse problema e priorizar a sequência mais adequada de ações para a situação de cada sistema. Não tenha medo de ouvir e aprender a partir da experiência da sua equipe e de outras pessoas. Não há ‘tiro certo’, nem soluções mágicas, somente progresso gradual obtido por métodos racionais, aplicados por profissionais dedicados, e apoiados por uma administração que verdadeiramente reconhece que a gestão das perdas é uma atividade contínua, e para sempre.”

## REFERÊNCIAS

Tsutuiya, Milton Tomoyuki. Abastecimento de água. 2ª Edição. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005, 643p.

Thomaz, P. Rede de Água. São Paulo: Navegar, 2011. 328 p.

Koelle, E. Transientes Hidráulicos, 21-23 de maio de 2013. Mód. 3. Notas de Aula.

Aquino, V. A luta para combater as perdas de água. Revista Saneas. Volume 10, p 5 – 16. São Paulo, 2007

Thornton, J. Water Loss Control Manual. MacGraw Hill. 645 p. 2002

Freitas, V. V. Orellana, A. Kuhl, J.G. Oliveira, C.R.O. Uma década de controle de pressão nas redes de distribuição da Sabesp. Revista DAE, nº 176 p. 15 – 17, Ago/2007

NBR 12.218/2017 – Elaboração de Projetos. Hidráulicos de Redes de Distribuição de Água Potável para Abastecimento Público.

Welsch, R., Abreu M.R. GERALDES, A. J. G. SILVA, C. J. Gerenciamento de pressões através da desativação de derivação em marcha, setorização e implantação de distritos de medição e controle no sistema de distribuição do setor de abastecimento Interlagos. 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2009.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

*Aedes aegypti* 140, 144

Agência Nacional do Petróleo (ANP) 22, 27

Água potável 76, 96, 108, 109, 110, 118, 130, 131, 133, 137, 146, 151

Aquífero 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 27, 28, 122

Arboviroses 140, 143, 144, 153

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) 132, 141

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) 3, 17, 40, 47, 65, 85

### B

Bacia Hidrográfica do Rio Itacolomi (BHRI) 87, 88, 89

Bactérias termotolerantes 77, 78, 79

Barragem 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115

Biocombustíveis 22, 27

### C

Caixa d'água 77, 81, 82, 123

Captação de água 79, 80, 108, 109, 114, 116, 117, 118, 119, 121, 122

Cloração 77, 80, 81, 82, 83

Cloradores 77, 80, 81, 84, 85

Combustíveis 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 122

Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) 109, 110

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 14, 23, 28, 50, 58

Contaminantes 22, 38, 155

### D

Desenvolvimento sustentável 130, 132, 141, 142

Desinfecção 50, 77, 79, 80, 122

Deterioração ambiental 35

Drenagem urbana 29, 30, 37, 124, 129, 130, 133

### E

Ecossistema 126, 131

Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA) 135

Escassez hídrica 108, 109, 115

Escoamento superficial 87, 88, 90, 92, 93

Esgotamento sanitário 49, 50, 57, 59, 117, 118, 120, 124, 125, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 136, 138, 143, 145, 147, 149

Estação de Tratamento de Água (ETA) 136

Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) 38, 40, 41, 42, 46, 52, 58

Estações Elevatórias de Esgoto (EEEs) 48, 50

## **F**

Filtros anaeróbios 61

Fossa séptica 60, 61, 62, 65, 77, 139

Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) 65, 122, 127

Fundo das Nações Unidas para criança (UNICEF) 118

## **G**

Gasolina 19, 21, 22

Gestão ambiental 1, 38, 39, 40, 45, 46, 47, 48

## **H**

Hidrogeologia 20

## **I**

Impactos ambientais 17, 38, 39, 40, 41, 42, 48, 130, 132, 139

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) 59, 110, 115, 127, 130, 145

## **L**

Lagos 109, 150

Legislação ambiental 1, 2, 4, 43, 101

Lençol freático 21, 22

Lodo 41, 42, 51, 52, 57, 61, 62

## **M**

Macrodrenagem 30, 37

Mananciais 108, 109, 124, 125

Meio ambiente 1, 2, 3, 4, 5, 14, 15, 16, 22, 23, 27, 28, 38, 39, 40, 45, 47, 48, 50, 58, 59, 67, 87, 107, 108, 117, 118, 125, 126, 129, 130, 131, 132, 134, 142

Microdrenagem 30

Modelagem hidráulica 66, 68, 71, 74, 76

## **O**

Organização das Nações Unidas (ONU) 131, 142

## **P**

Patógenos 38, 77, 80, 85

Piscicultura 95, 96, 99, 100, 102, 106, 107

Plano Nacional do Saneamento Básico (PLANSAB) 133

Poços 19, 24, 27, 79, 80, 85, 109, 111, 114, 117, 121, 122, 123, 126, 127, 128, 138, 152

Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) 4

Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) 2, 5

Poluentes atmosféricos 40

## **R**

Reciclagem 2, 5, 6, 13, 14, 15, 16, 17, 126, 132

Recursos hídricos 19, 37, 43, 44, 59, 78, 108, 139, 142, 153

Represas 109, 150

Reservas hidrográficas 19

Resíduos sólidos 2, 3, 4, 5, 6, 17, 29, 32, 33, 35, 40, 41, 51, 117, 118, 122, 124, 125, 126, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 136, 137, 138, 140, 141

Reutilização 5, 16, 155

Rios 30, 96, 97, 106, 109, 139

## **S**

Saneamento básico 3, 15, 17, 38, 39, 47, 48, 58, 59, 66, 67, 78, 108, 110, 117, 118, 120, 121, 124, 126, 128, 129, 130, 131, 133, 134, 136, 137, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 147, 150, 151, 152, 153, 154

Saúde pública 3, 4, 12, 118, 124, 128, 130, 131, 132, 133, 134, 139, 140, 141, 143, 144, 146, 152, 153

Saxitoxinas 146

Sistema de Gestão Ambiental (SGA) 38, 39, 40, 45, 46, 47

Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS) 130

Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) 4

Sustentabilidade ambiental 5

## **V**

Vírus Zika 143, 153

ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL:

# RECURSOS HÍDRICOS & TRATAMENTO DE ÁGUA 2

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

ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL:

# RECURSOS HÍDRICOS & TRATAMENTO DE ÁGUA 2

- 🌐 [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](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)