



Helenton Carlos da Silva  
(Organizador)

# Engenharia Ambiental e Sanitária: Interfaces do Conhecimento

Helenton Carlos da Silva  
(Organizador)

# Engenharia Ambiental e Sanitária: Interfaces do Conhecimento

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Natália Sandrini  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie di Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E57	<p>Engenharia ambiental e sanitária [recurso eletrônico] : interfaces do conhecimento / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Engenharia Ambiental e Sanitária. Interfaces do Conhecimento; v. 1)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-693-5 DOI 10.22533/at.ed.935190910</p> <p>1. Engenharia ambiental. 2. Engenharia sanitária I. Silva, Helenton Carlos da. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 628.362</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

A obra “*Engenharia Ambiental e Sanitária Interfaces do Conhecimento*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu I volume, apresenta, em seus 26 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da importância da engenharia ambiental e sanitária, tendo como base suas diversas interfaces do conhecimento.

Entre os muitos usuários da água, há um setor que apresenta a maior interação e interface com o de recursos hídricos, o setor de saneamento.

A questão das interfaces entre saneamento e recursos hídricos coloca-se no saneamento como usuário de água e como instrumento de controle de poluição, em consequência, de preservação dos recursos hídricos.

Estas interfaces, como linhas integradas prioritárias de pesquisa, relacionam-se ao desenvolvimento e a inovação, seja de caráter científico e tecnológico, entre as áreas de recursos hídricos, saneamento, meio ambiente e saúde pública.

Dentro deste contexto podemos destacar que o saneamento básico é envolto de muita complexidade, na área da engenharia ambiental e sanitária, pois muitas vezes é visto a partir dos seus fins, e não exclusivamente dos meios necessários para atingir os objetivos almejados.

Neste contexto, abrem-se diversas opções que necessitam de abordagens disciplinares, abrangendo um importante conjunto de áreas de conhecimento, desde as ciências humanas até as ciências da saúde, obviamente transitando pelas tecnologias e pelas ciências sociais aplicadas. Se o objeto saneamento básico encontra-se na interseção entre o ambiente, o ser humano e as técnicas podem ser facilmente traçados distintos percursos multidisciplinares, potencialmente enriquecedores para a sua compreensão.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados a estas diversas interfaces do conhecimento da engenharia ambiental e sanitária. A importância dos estudos dessa vertente é notada no cerne da produção do conhecimento, tendo em vista o volume de artigos publicados. Nota-se também uma preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento.

Os organizadores da Atena Editora agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada.

Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

Helenton Carlos da Silva

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A CONSCIENTIZAÇÃO EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL, COM OS ATORES ENVOLVIDOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL	
Luis Fernando Moreira Rudson Adriano Rossato da Luz Eberson Cordeiro de Almeida	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9351909101</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>15</b>
ESCRITÓRIO DE PROJETOS DE INOVAÇÃO	
Silvio Rocha da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9351909102</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>25</b>
A TRANSFORMAÇÃO DIGITAL NA SABESP	
Diogo Ávila de Castro Wagner Preda de Queiroz Rérison Otoni Araujo José Luis Januário	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9351909103</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>43</b>
XII-015 - APLICAÇÃO DE MÉTODOS ESTATÍSTICOS PARA DETERMINAR CONFIABILIDADE DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ELÉTRICA	
Floriano do Ó do Nascimento Júnior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9351909104</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>51</b>
DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL PARA A RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS: ESTRATÉGIAS E INSTRUMENTOS	
Tainá Ângela Vedovello Bimbati Emília Wanda Rutkowski	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9351909105</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>64</b>
DIAGNÓSTICO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SAÚDE A PARTIR DE UMA FERRAMENTA DE AUTOANÁLISE	
Luiza Portz Rosí Cristina Espíndola da Silveira Ênio Leandro Machado Lourdes Teresinha Kist	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9351909106</b>	

**CAPÍTULO 7 ..... 75**

DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS EM UM JARDIM BOTÂNICO

Eduardo Antonio Maia Lins  
Natália de Cássia Silva Melo  
Luiz Oliveira da Costa Filho  
Luiz Vital Fernandes Cruz da Cunha  
Sérgio Carvalho de Paiva  
Fábio José de Araújo Pedrosa  
Cecília Maria Mota Silva Lins  
Andréa Cristina Baltar Barros  
Maria Clara Pestana Calsa  
Adriane Mendes Vieira Mota  
Roberta Richard Pinto  
Daniele de Castro Pessoa de Melo

**DOI 10.22533/at.ed.9351909107**

**CAPÍTULO 8 ..... 86**

DINÂMICA DO SÓDIO EM ARGISSOLO IRRIGADO COM PERCOLADO DE ATERRO SANITÁRIO E ÁGUA DE ABASTECIMENTO

Daniela da Costa Leite Coelho  
Ana Beatriz Alves de Araújo  
Rafael Oliveira Batista  
Paulo César Moura da Silva  
Nildo da Silva Dias  
Ketson Bruno da Silva  
Fabrícia Gratyelli Bezerra Costa  
Francisco de Oliveira Mesquita  
Alex Pinheiro Feitosa

**DOI 10.22533/at.ed.9351909108**

**CAPÍTULO 9 ..... 97**

EVOLUÇÃO DE ADESÃO DA COLETA SELETIVA NOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO PARANÁ DE 2002 A 2017

Leticia Framesche  
Thiago Silva Souza  
Ivonete de Souza Gabriel  
Ana Paula Tanabe  
Máriam Trierveiler Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.9351909109**

**CAPÍTULO 10 ..... 108**

EXPOSIÇÃO COMBINADA A MÚLTIPLOS CONTAMINANTES AMBIENTAIS: CONCEITOS E ANÁLISE EXPLORATÓRIA

Ana Lúcia Silva

**DOI 10.22533/at.ed.93519091010**

**CAPÍTULO 11 ..... 128**

FAXINEIRA DE SOLOS

Luiza Mayumi Hirai

**DOI 10.22533/at.ed.93519091011**

<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>132</b>
GEOPROCESSAMENTO APLICADO NA ANÁLISE DE SUSCETIBILIDADE E VULNERABILIDADE EM BOÇOROCA URBANA-RURAL	
Fabrícia Vieira Paulo Sérgio de Rezende Nascimento	
<b>DOI 10.22533/at.ed.93519091012</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>143</b>
ESTUDO COMPARATIVO ENTRE AS CONCENTRAÇÕES DE HORMÔNIOS REPORTADOS EM MATRIZES AMBIENTAIS AQUOSAS NO BRASIL E NO EXTERIOR	
Thamara Costa Resende João Monteiro Neto Taiza dos Santos Azevedo Sue Ellen Costa Bottrel Renata de Oliveira Pereira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.93519091013</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>167</b>
IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS PROBLEMAS REFERENTES AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA EM PRÉDIOS PÚBLICOS DO SETOR DE EDUCAÇÃO DA ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL NO VALE DO RIBEIRA - SP	
Luciano Zanella Wolney Castilho Alves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.93519091014</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>180</b>
INOVAÇÃO DE PROCESSO – UM ESTUDO DE CASO SOBRE A EFICIÊNCIA COMERCIAL	
Vanderléia Loff Lavall Cesar Augusto Ramos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.93519091015</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>190</b>
METODOLOGIA PARA IMPLANTAÇÃO DO PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS EM INSTITUIÇÕES	
Clauciana Schmidt Bueno de Moraes Larissa Marchetti Dolphine Adriana Yumi Maeda Danielle Mayara Pereira Lobo Bruna Ferrari Felipe Ananda Islas da Silva Stephani Cristine de Souza Lima Willian Leandro Henrique Pinto Flávia Moretto Paccola	
<b>DOI 10.22533/at.ed.93519091016</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>203</b>
MONTAGEM E MANUTENÇÃO DE TUBULAÇÕES EM PEAD COM GRANDES DIÂMETROS	
Renato Augusto Costa dos Santos José Leandro Alves de Oliveira Felipe Augusto Eiras de Resende	
<b>DOI 10.22533/at.ed.93519091017</b>	



<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>216</b>
PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA DE PROCESSOS DE BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS PARA A IMPLANTAÇÃO EM MUNICÍPIOS DE PEQUENO A MÉDIO PORTE	
Cláudia Echevengua Teixeira Débora do Carmo Linhares Patrícia Léo Thomaz de Gouveia Letícia dos Santos Macedo Bruna Patrícia de Oliveira Gilberto Martins	
<b>DOI 10.22533/at.ed.93519091018</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>228</b>
REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS E INDUSTRIAIS PARA A PRODUÇÃO DE BIOFERTILIZANTE	
Ivan Cesar Tremarin Dionei Minuzzi Dalevati Ênio Leandro Machado Odorico Konrad Camila Hasan	
<b>DOI 10.22533/at.ed.93519091019</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>241</b>
REMOÇÃO DE AMÔNIA POR ADSORÇÃO COM ARGILA BENTONITA	
Juliana Dotto Aline Roberta de Pauli Isabella Cristina Dall' Oglio Fernando Rodolfo Espinoza-Quiñones Helton José Alves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.93519091020</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>251</b>
RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA NO ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL: ORIENTAÇÕES, DIRETRIZES E CRITÉRIOS	
Neyton Hideki Tadeu Araki Maria Fernanda Sala Minucci	
<b>DOI 10.22533/at.ed.93519091021</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>263</b>
A URBANIZAÇÃO E O DESENCADEAMENTO DE PROCESSOS EROSIVOS EM ÁREA DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL NA CIDADE DE MARINGÁ-PR	
Lourival Domingos Zamuner Cláudia Telles Benatti Bruno Henrique Toná Juliani Cristhiane Michiko Passos Okawa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.93519091022</b>	

**CAPÍTULO 23 ..... 272**

**ANÁLISE DE IMPACTO AMBIENTAL EM UM COMPLEXO EÓLICO**

Eduardo Antonio Maia Lins  
Maria Juliana Miranda Correia da Cruz  
Luiz Oliveira da Costa Filho  
Luiz Vital Fernandes Cruz da Cunha  
Sérgio de Carvalho Paiva  
Fábio José de Araújo Pedrosa  
Cecília Maria Mota Silva Lins  
Andréa Cristina Baltar Barros  
Maria Clara Pestana Calsa  
Adriane Mendes Vieira Mota  
Roberta Richard Pinto  
Daniele de Castro Pessoa de Melo

**DOI 10.22533/at.ed.93519091023**

**CAPÍTULO 24 ..... 285**

**EFEITOS DE DILUIÇÕES DE ÁGUA PRODUZIDA DO PETRÓLEO NO DESENVOLVIMENTO DO GIRASSOL CULTIVADO EM CASA DE VEGETAÇÃO**

Audilene Dantas da Silva  
Rafael Oliveira Batista  
Fabrícia Gratyelli Bezerra Costa Fernandes  
Leonardo Cordeiro da Silva  
Igor Estevão Sousa Medeiros  
Jéssica Sousa Dantas  
Juli Emille Pereira de Melo  
Emmilia Priscila Pinto do Nascimento  
Raionara Dantas Fonseca  
Antonio Diego da Silva Teixeira  
Ana Beatriz Alves de Araújo  
Aline Daniele Lucena de Melo Medeiros

**DOI 10.22533/at.ed.93519091024**

**CAPÍTULO 25 ..... 297**

**RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: A DISPOSIÇÃO ILEGAL E SEUS IMPACTOS NA RESILIÊNCIA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO**

Kátia Regina Alves Nunes  
Cláudio Fernando Mahler  
Orlando Sodré Gomes

**DOI 10.22533/at.ed.93519091025**

**CAPÍTULO 26 ..... 303**

**EFEITO DA ADIÇÃO DE ÁGUA AO LODO DE ESGOTO NA BIODIGESTÃO ANAERÓBICA EM BIODIGESTOR**

Ariane da Silva Bergossi  
Juliana Lobo Paes  
Priscilla Tojado dos Santos  
Romulo Cardoso Valadão  
Maxmillian Alves de Oliveira Merlo  
Guilherme Araujo Rocha  
João Paulo Barreto Cunha

**DOI 10.22533/at.ed.93519091026**

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 315**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 316**

## XII-015 - APLICAÇÃO DE MÉTODOS ESTATÍSTICOS PARA DETERMINAR CONFIABILIDADE DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ELÉTRICA

### **Floriano do Ó do Nascimento Júnior**

Engenheiro eletricitista com pós graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Federal de Goiás. Engenheiro eletricitista da Sabesp na área de gestão de manutenção e atuação em gestão energética desde 2010. Em processo de obtenção do título de Engenharia de Confiabilidade pelo Certified Reliability Professional Program.  
fonascimento@sabesp.com.br.

**RESUMO:** A prática tem por objetivo apresentar a redução de perdas no faturamento por meio de implementação de modelos estratégicos e aumento da confiabilidade do abastecimento hídrico da região, baseado em metodologias estatísticas de Distribuição de Weibull e cálculos de perdas consideradas através de tarifas comerciais e residenciais da região abastecida através do volume de água tratada entregue a população. Foi selecionada uma instalação de captação de água em que a rede de distribuição elétrica antiga apresentava várias falhas. Assim, realizou-se um levantamento para avaliar a situação operacional da rede elétrica e foram constatadas 22 falhas relacionadas ao desarme pela proteção elétrica (disjuntor de média tensão, fusíveis da rede elétrica) em dias de chuva. O impacto destas avaliações quantitativas foi resultado do baixo isolamento

da rede que implicava em correntes de fuga, revelando o desgaste da mesma. Através da Distribuição de Weibull foi avaliada a confiabilidade dessa rede e observou-se que a mesma estava na sua fase de mortalidade senil. A implantação da metodologia demonstrou que a empresa poderia deixar de bombear cerca de 49.500 m<sup>3</sup> ao considerar que a instalação tem vazão de 150m<sup>3</sup>/h com uma média de 15 horas de parada para cada manutenção corretiva. Levando em consideração a média da tarifa de água e esgoto em 2013, a empresa poderia deixar de arrecadar cerca de R\$ 12.000,00 por falha. Se levar em consideração as 22 paradas diluídas nos anos de 2014 e 2015, a empresa poderia deixar de arrecadar cerca de R\$ 545.000,00. Após a implantação da nova rede elétrica em 2013, além de reduzir as perdas de receita, houve melhorias na confiabilidade do sistema abastecimento da região, uma vez que o número de reclamações por falta de água caiu 70% por falha da instalação de bombeamento, levando em consideração a quantidade de falta de água de 2011-2012 em relação a 2014-2015.

**PALAVRAS-CHAVE:** Engenharia de Confiabilidade, Distribuição de Weibull, Gestão da Manutenção.

## INTRODUÇÃO

Preocupada em manter suas instalações de bombeamento de água e esgoto em pleno funcionamento, a área responsável pela manutenção das instalações de bombeamento da região metropolitana oeste de São Paulo da empresa dispõe de um sistema de avaliação de falhas dividido da seguinte forma:

- **Avaliação parcial das ordens de serviço do mês:** nessa etapa, uma pessoa devidamente qualificada na área de manutenção faz avaliação das ordens de serviço do mês, levando em consideração a parada parcial ou total da instalação, quanto tempo de parada, causas que ocasionaram as falhas e medidas para mitigar as mesmas.
- **Avaliação dos índices de disponibilidade das instalações:** as avaliações das ordens de serviço são levadas para serem discutidas na reunião de análise crítica da organização em que é estabelecido um limite mínimo de disponibilidade e caso a instalação não venha a atingir esse índice, é criado um plano de ação para atuar no problema.

Com base nessa metodologia, a unidade de manutenção identificou uma instalação de importância significativa de abastecimento de água do município de Santana de Parnaíba a qual estava tendo sucessivas paradas por conta de sua rede de distribuição de energia elétrica. Segue abaixo um breve histórico da quantidade de falhas analisadas relacionadas a essa rede:

Ano	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Quantidade de falhas	6	2	4	3	4	3	5	2
Quantidade de horas paradas para manutenção	21,8	7	38,7	30,6	69,3	162,7	Não registrado	Não registrado

Tabela 1 – Quantidade de falhas na rede elétrica de 2005 a 2012.

Baseado neste diagnóstico verificou-se a necessidade de efetuar uma manutenção na instalação e optou-se pela contratação de um projeto e execução de implantação de uma rede de distribuição elétrica compacta. Esta ação foi definida em uma reunião de análise crítica. Definidos os orçamentos foi solicitada a Diretoria a liberação de recursos para contratação, a qual questionou o custo –benefício.

## RELEVÂNCIA DO PROBLEMA PARA A EMPRESA

Na empresa observa-se que há uma grande quantidade de manutenções corretivas emergências nas suas instalações gerais ao longo dos últimos cinco anos conforme histórico:

Ano	2011	2012	2013	2014	2015
Quantidade de ordens de serviços de manutenções corretivas emergências	8384	7426	7534	7716	8031
Manutenções corretivas emergências em relação ao total de manutenções realizadas	5,55%	6,25%	6,53%	8,05%	8,57%

Tabela 2 – Manutenções corretivas emergenciais da Empresa.

Demonstrado este quantitativo acima (tabela 2) e associado à instalação em questão, verifica-se que este tipo de manutenção (corretiva emergencial) ainda gera um desconforto na tomada de decisões. Surge, então, a oportunidade de aprimoramento da gestão na área de manutenção, conforme diagrama apresentado na figura 1, que pode ser desenvolvido através de um programa gerencial específico, utilizando as ferramentas da engenharia de confiabilidade.

## RELEVÂNCIA DO PROBLEMA PARA A UNIDADE DE MANUTENÇÃO

Atualmente, a unidade de manutenção possui o seguinte histórico de manutenções corretiva emergências:

Ano	2011	2012	2013	2014	2015
Quantidade de ordens de serviços de manutenções corretivas emergências	195	233	574	820	567
Manutenções corretivas emergências em relação ao total de manutenções realizadas	8,01%	13,64%	21,49%	27,05%	19,34%

Tabela 3 – Manutenções corretivas emergenciais da unidade de manutenção.

Isso mostra a necessidade de melhorar constantemente o processo de gestão de manutenção, focando na redução de custos de manutenção, aumento da confiança e segurança dos serviços prestados para a população e redução da perda de receita por conta das paradas indesejadas do sistema.

## O FUNCIONAMENTO DA PRÁTICA DE GESTÃO

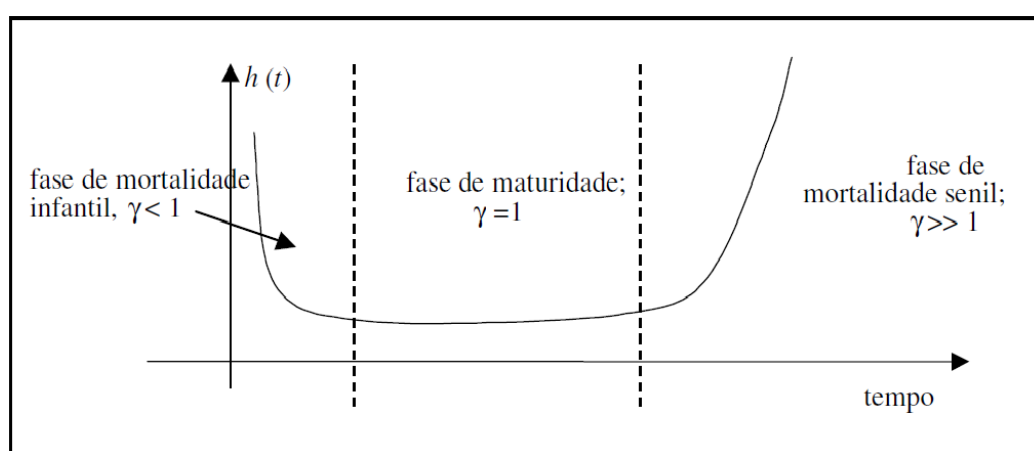
Após a elaboração do projeto para a substituição da rede elétrica, o custo de implantação ficou orçado em R\$ 419.200,00. O alto valor foi motivo para o diretor pedir um estudo de viabilidade baseado no custo benefício para a Empresa. É neste ponto que a engenharia de confiabilidade entra para implementar a metodologia existente.

Diante dos dados levantados no período de 2004 a 2012 foram verificados 22 falhas, com suas respectivas horas de parada, relacionadas com a rede elétrica

antiga. Essas falhas se devem à baixa isolamento da rede, ocasionando em fugas de corrente e consequente atuação do sistema de proteção da rede elétrica. Esses desarmes causam impacto negativo para a SABESP, pois além de deixar a população local com falta de água, a Empresa deixa de faturar pela água não bombeada.

Essas falhas foram analisadas, baseado no método quantitativo descrito acima em que os dados foram trabalhados através das ferramentas da engenharia da confiabilidade, no caso, a distribuição de Weibull, sendo que a partir do resultado, foi definido de maneira mais precisa, a validação da substituição da rede elétrica.

A distribuição de Weibull é um método que pode ser aplicado para avaliar a confiabilidade do equipamento ao longo do tempo. Esta metodologia pode ser aplicada em qualquer uma das fases (figura 1) do equipamento.



Fonte: Sellitto, 2005.

Figura 1 – Curva da banheira e ciclo de vida de equipamentos.

De maneira geral, os equipamentos possuem maior probabilidade de falha no seu período inicial (fase infantil) e no seu período final de ciclo de funcionamento (fase senil). A curva é traçada calculando a probabilidade acumulada de falhas baseada na equação a seguir:

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\gamma} \quad \text{equação(1)}$$

$\gamma$  – parâmetro de forma (ou inclinação)

$\theta$  – parâmetro de escala (também chamado de vida característica)

$t$  – tempo

O parâmetro  $\gamma$  fornece a inclinação da curva. A curva da banheira demonstra como a inclinação se comporta de acordo com valores obtidos para esse parâmetro.

O parâmetro  $\theta$  possui uma particularidade em que quando o equipamento

chegar no tempo desse parâmetro, o produto possui 63% de probabilidade de falhar.

De acordo com o histórico levantado de um equipamento, é possível traçar a curva de probabilidade de falhas que pode se enquadrar em um dos três estágios da Figura 3. Para isso, os dados de falhas são utilizados para obter os parâmetros descritos através da metodologia da máxima verossimilhança (MLE). A função de verossimilhança  $L$  é definida segundo a equação abaixo:

$$L(\theta; x_1, \dots, x_n) = f(x_1; \theta) \times \dots \times f(x_n; \theta) = \prod_{i=1}^n f(x_i; \theta). \quad \text{equação (2)}$$

$x_i$  – valores adquiridos do histórico do equipamento

$\theta$  – parâmetro a ser descoberto

$f(x_i; \theta)$  – função da probabilidade acumulada de falha

Em muitos casos, o estimador de máxima verossimilhança pode ser encontrado seguindo os passos abaixo:

- Encontrar a função de verossimilhança;
- Aplicar a função de logaritmo neperiano;
- Derivar em relação ao parâmetro  $\theta$ ;
- Igualar o resultado a zero.
- Verificar que este estimador é ponto de máximo.

Utilizando a metodologia da máxima verossimilhança (MLE) para os dados de falhas foram obtidos os parâmetros para a equação de distribuição de Weibull, podendo estabelecer o gráfico de probabilidade de falhas da rede elétrica.

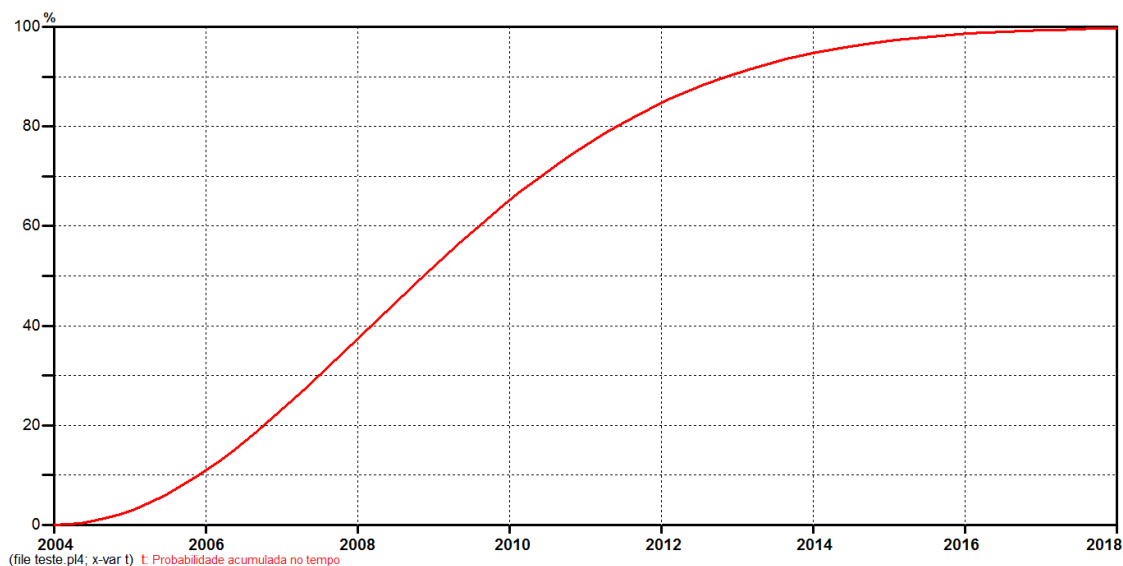


Figura 2 – Curva da probabilidade de falha da rede elétrica a partir de 2004.



A figura 2 revela que a rede elétrica se encontra na fase de mortalidade senil. Além disso, este gráfico apresentado mostra que até o ano de 2014, a probabilidade de falha da rede elétrica em dias de chuva chega a 95% de chance com 50% de certeza.

## RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados obtidos proporcionaram a unidade de manutenção, a capacidade de definir as prioridades de atuação para reduzir a indisponibilidade da instalação. Além disso, as definições das estratégias tomadas tiveram melhor embasamento em ferramentas de engenharia em conjunto com a experiência de profissionais da organização. A seguir serão destacados dois períodos críticos em que a disponibilidade da instalação ficou abaixo da meta (figuras 3 e 4).

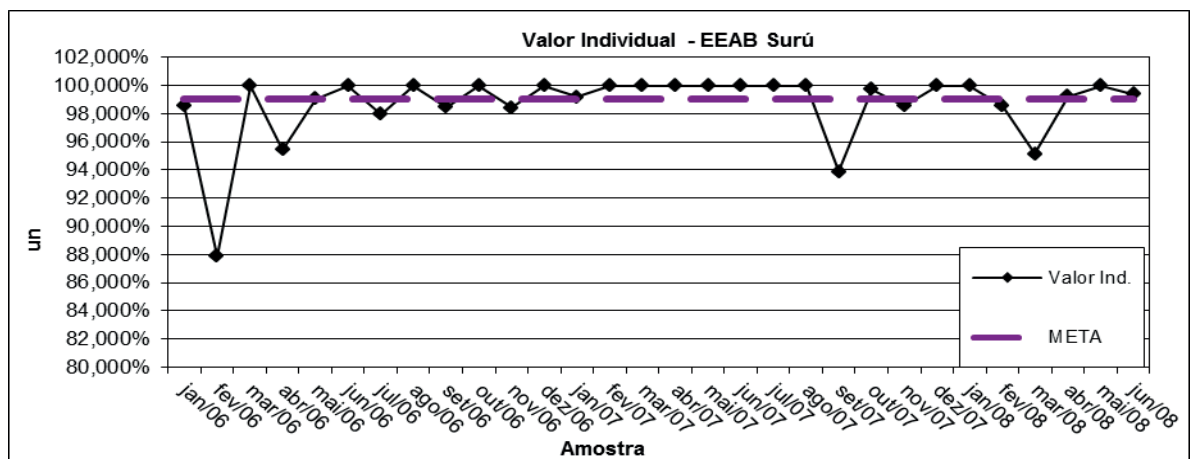


Figura 3 – Índice de disponibilidade janeiro/2006 a junho/2008.

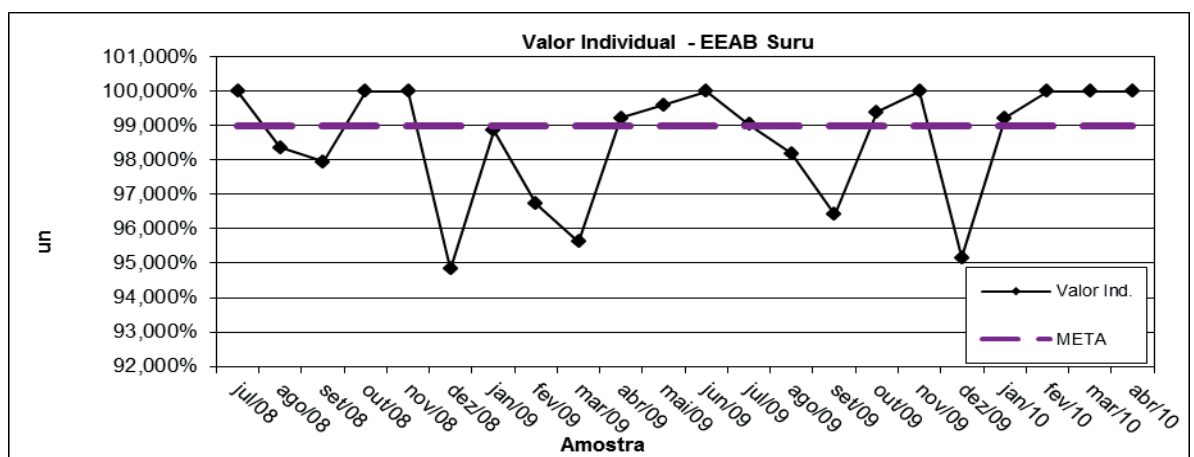


Figura 4 – Índice de disponibilidade julho/2008 a abril/2010.

A meta estabelecida mínima de disponibilidade é de 99%. Ao analisar as figuras 3 e 4 nota-se sucessivas violações no índice estabelecido em que grande parte pode ser atribuído às falhas na rede elétrica.

Após a implantação da rede elétrica compacta, os resultados em 2014 e 2015 foram excelentes tendo em vista que a meta não foi ultrapassada.

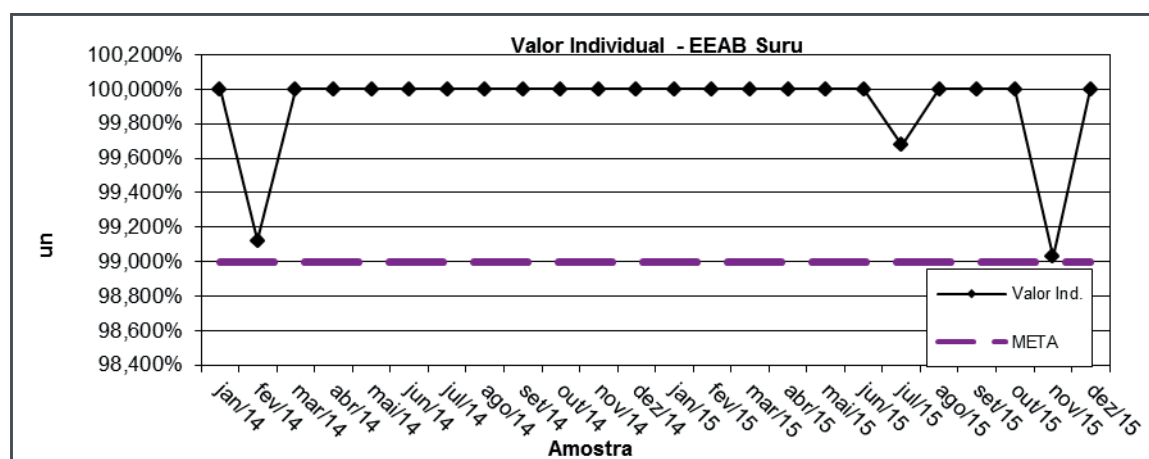


Figura 5 - Índice de disponibilidade janeiro/2014 a dezembro/2015.

A implantação da metodologia demonstrou que a empresa poderia deixar de bombear cerca de 49.500 m<sup>3</sup> ao considerar que a instalação tem vazão de 150m<sup>3</sup>/h com uma média de 15 horas de parada para cada manutenção corretiva.

Levando em consideração a média da tarifa de água e esgoto em 2013, a empresa poderia deixar de arrecadar cerca de R\$ 12.000,00 por falha.

Como a probabilidade de falha em 2014 e 2015 já está ultrapassando os 95%, observa-se que as chances seriam altas de ocorrer falhas, portanto, serão consideradas as 22 falhas para o ano de 2014 e 2015 para simular o que a Empresa deixaria de ganhar durante esses dois anos. O resultado seria algo em torno de R\$ 545.000,00, ou seja, maior que o custo da substituição da rede elétrica.

Com a implantação da nova rede, não houve nenhum serviço de manutenção corretiva emergencial relacionada à mesma, sendo que as horas de parada reduziram para 6 horas em 2014 e 7 horas em 2015.

Além disso, o índice de reclamação por falta de água do município teve uma redução por falha em equipamentos, reflexo da troca da rede elétrica conforme observado na tabela 4.

Ano	2011	2012	2014	2015
Reclamações	4786	4959	1898	805

Tabela 4 – Quantidade de reclamações de falta de água no município por manutenção de equipamento.

## CONCLUSÃO

A conclusão que se observa é o aumento da segurança hídrica para o município,

redução de manutenções na instalação, o impacto positivo junto ao cliente visto na diminuição de reclamações e redução de perdas no faturamento.

Com esse trabalho, a unidade de manutenção passará a realizar um levantamento dos índices de confiabilidade de cada estação de bombeamento de água e esgoto para garantir a segurança hídrica do sistema e o esgotamento de dejetos para o seu devido fim.

## REFERÊNCIAS

PRADO, C. C. de A.; A BUSCA DA MELHORIA DA QUALIDADE NOS SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO; retirado do site: [http://tecem.com.br/site/downloads/artigos/A\\_Busca\\_na\\_Melhoria\\_da\\_Qualidade\\_nos\\_Servicos\\_de\\_Manutencao.pdf](http://tecem.com.br/site/downloads/artigos/A_Busca_na_Melhoria_da_Qualidade_nos_Servicos_de_Manutencao.pdf) no dia 21/03/16.

O PAPEL DA MANUTENÇÃO EM TEMPOS DE CRISE; retirado do site <https://manutencaoeficaz.wordpress.com/> no dia 28/03/16.

PORTAL ACTION – ESTIMADORES DE MÁXIMA VEROSSIMILHANÇA; retirado do site <http://www.portalaction.com.br/inferencia/34-estimadores-de-maxima-verossimilhanca> no dia 30/03/16.

REALISOFT. Reability Seminar – CRP Intensive Revisão 1.0.6. Material produzido pela Realisoft com vínculo com o programa Certified Reability Professional (CRP) para dar treinamentos. p.29-45, 54-57.

SALES, N. P. Confiabilidade, A Análise e o Treinamento da Falha. Edição Brasileira, São Paulo, 2008. p.20-35.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Análise 1, 6, 7, 8, 12, 14, 21, 22, 23, 35, 36, 44, 50, 57, 59, 66, 67, 68, 72, 76, 90, 91, 95, 104, 105, 107, 108, 109, 113, 117, 119, 120, 121, 124, 125, 126, 132, 135, 137, 139, 147, 154, 162, 169, 170, 171, 172, 173, 178, 181, 188, 189, 197, 198, 226, 231, 232, 238, 244, 245, 247, 248, 260, 263, 272, 274, 284, 290, 291, 293, 296, 302, 306, 307, 309

Análise de risco 108, 109, 117, 120

### B

Berço ao berço 51, 58, 61

### C

Concentrações ambientais 143

Construção Civil 1, 2, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 130, 297, 302, 315

Contaminação ambiental 108, 120, 121

Cultura da inovação 15, 16, 17

### D

Desreguladores endócrinos 108, 109, 119, 120, 125, 143, 144, 153, 155, 156, 157, 160

Distribuição de Weibull 43

### E

Ecologia industrial 51, 54, 60, 61, 62

Educação ambiental 1, 2, 4, 5, 8, 9, 12, 13, 14, 83, 84, 201

Engenharia de confiabilidade 43, 45

Erosão 132, 133, 134, 136, 137, 140, 141, 142, 254, 263, 264, 268, 271

Escritório de projetos 15, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24

### F

Fatores antrópicos 132

Fitoextração 128, 130

Funil de inovação 15, 20

### G

Gerenciamento 4, 14, 15, 18, 20, 21, 22, 29, 51, 58, 64, 66, 67, 69, 70, 71, 72, 73, 77, 82, 84, 85, 97, 98, 99, 106, 127, 182, 183, 187, 188, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 199, 200, 201, 202, 265, 270, 297, 298, 302

Gerenciamento de projetos 15, 18, 20, 21

Gerenciamento de resíduos sólidos 51, 58, 82, 85, 193, 201, 298

Gestão 1, 2, 3, 4, 5, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 25, 26, 27, 42, 43, 45, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 62, 69, 74, 76, 77, 80, 82, 84, 85, 97, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 106, 107, 141, 143, 167, 168, 184, 191, 192, 193, 194, 195, 201, 202, 218, 296, 297, 298, 300, 301, 302, 314, 315

Gestão ambiental 1, 2, 3, 4, 10, 12, 14, 53, 54, 55, 57, 85, 97, 141, 194, 195, 201, 202, 296, 302, 315

Gestão da manutenção 43

## H

Historiador 25, 26, 28, 29, 30, 42

Hormônios 114, 115, 116, 119, 125, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 164

## I

Impacto ambiental 1, 3, 59, 229, 235, 272, 273, 281, 283, 284, 286

Impactos 2, 3, 10, 12, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 64, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 74, 77, 97, 98, 99, 106, 190, 191, 192, 194, 201, 218, 266, 267, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 297, 298

Inovação 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 168, 169, 180, 181, 186, 188, 189, 220, 315

## L

Lixiviado 87, 95, 225, 242

Lixo 9, 62, 75, 76, 112, 113, 123, 278, 300, 301

## M

Metais pesados 123, 128, 129, 130, 131, 231, 240

Microcontaminantes 143, 149

## O

Osisoft 25, 26, 42

## P

PIMS 25, 26, 27, 29, 30, 31

PI System 25, 26, 27, 28, 29, 30, 42

Plantas hiper- acumuladoras 128, 130, 131

Processo comercial 180

## Q

QGIS 132, 133, 135, 137

## R

Reciclagem 3, 4, 8, 9, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 76, 77, 80, 83, 84, 85, 193, 199, 219, 229, 298, 299, 300, 301, 302

Resíduos de serviços de saúde 64, 65, 66, 73, 113

Resíduo sólido urbano 87, 92, 93, 95, 96

Resíduos sólidos urbanos 2, 79, 80, 82, 83, 84, 85, 87, 97, 98, 106, 107, 192, 194, 202, 216, 217, 225, 226, 227, 297, 313

Responsabilidade estendida do produtor 51, 56, 59

## S

SABESP 25, 29, 31, 42, 46, 108

Saneamento básico 29, 97, 98, 99, 101, 105, 106, 107, 108, 158, 215, 226, 251, 304

Sanepar 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 189

Saúde pública 66, 82, 106, 108, 120, 121, 122, 124, 125, 191, 251

Segregação 64, 65, 67, 70, 71, 72, 73, 195, 196, 197, 200, 222, 223

Sensoriamento remoto 132, 135

SNIS 97, 100, 101, 102, 104, 105, 107, 150, 304, 314

Sodificação 87, 93, 94, 95

Solo 51, 54, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 108, 112, 113, 121, 123, 124, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 135, 136, 138, 139, 140, 141, 152, 235, 236, 238, 240, 241, 256, 257, 258, 259, 261, 267, 268, 277, 279, 296

## T

Transformação digital 25

## U

Uso agrícola 87, 306

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-693-5



9 788572 476935