



*João Dallamuta  
(Organizador)*

*Estudos  
Transdisciplinares  
nas Engenharias 3*

**Atena**  
Editora

Ano 2019

João Dallamuta  
(Organizador)

# Estudos Transdisciplinares nas Engenharias

## 3

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: Rafael Sandrini Filho  
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>	
E82	Estudos transdisciplinares nas engenharias 3 [recurso eletrônico] / Organizador João Dallamuta. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Transdisciplinares nas Engenharias; v. 3)  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-682-9 DOI 10.22533/at.ed.829190710  1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Transdisciplinaridade. I. Dallamuta, João. II. Série.  CDD 620
<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

Se o Senhor Leonardo di Ser Piero da Vinci, por uma hipótese, fosse realizar concurso público para lecionar em uma universidade brasileira, teria enorme dificuldade para se adequar às regras do certame. Ele era cientista, matemático, inventor, engenheiro, médico anatomista, escultor, desenhista, arquiteto, artista plástico pintor poeta e músico. Dificilmente iria conseguir comprovar títulos ou se adequar as exigências.

Em termos mais modernos da Vinci teria conhecimentos transdisciplinares, um conceito para conhecimento de forma plural. Disciplinas e carreiras são divisões artificiais para facilitar a organização de cursos, currículos, regulamentações profissionais e facilitar a prática do ensino. Em tempos onde isto não existia, como na Grécia antiga ou na renascença havia o conhecimento plural na qual Leonardo da Vinci talvez seja o maior expoente.

Não se sugere que todo conhecimento transdisciplinar prove de um gênio, tão pouco que a organização por áreas do conhecimento não tenha seu valor. Apenas que a boa engenharia, em função da sua crescente complexidade trás necessidades de conhecimentos e competências transdisciplinares.

Neste livro são apresentados artigos abordando problemas de fornecimento de energia, água potável, urbanismo, gestão de varejo, técnicas de projeto e fabricação, uma combinação de áreas e temas que possuem um ponto em comum; são aplicações de ciência e tecnologia que buscam soluções efetivas para problemas técnicos, como deve ser em tese a boa engenharia.

Aos pesquisadores, editores e aos leitores para quem em última análise todo o trabalho é realizado, agradecemos imensamente pela oportunidade de organizar tal obra.

Boa leitura!  
João Dallamuta

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
DEMANDA ENERGÉTICA E PROPOSTAS DE SOLUÇÕES NO ESTADO DE RORAIMA	
Laura Vieira Maia de Sousa	
Talyta Viana Cabral	
Josiane do Socorro Aguiar de Souza de Oliveira Campos	
Luciano Gonçalves Noleto	
Maria Vitória Duarte Ferrari	
Túlio Costa de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8291907101</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>15</b>
ANÁLISE DO POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NA SANTA CASA DE AREALVA: SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO E AR CONDICIONADO	
José Rodrigo de Oliveira	
Matheus Henrique Gonçalves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8291907102</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>25</b>
TRATAMENTO DA ÁGUA DE DRENAGEM PLUVIAL: UM MAL NECESSÁRIO?	
Carlos Augusto Furtado de Oliveira Novaes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8291907103</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>36</b>
DIAGNÓSTICO DA GESTÃO DE ÁGUAS URBANAS DA CIDADE DE CARAÚBAS/RN	
Larisa Janyele Cunha Miranda	
Leonete Cristina de Araújo Ferreira Medeiros Silva	
Rokátia Lorrany Nogueira Marinho	
Guilherme Lopes da Rocha	
Clélio Rodrigo Paiva Rafael	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8291907104</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>46</b>
CALIBRAÇÃO DO FATOR DE ATRITO EM REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	
Alessandro de Araújo Bezerra	
Renata Shirley de Andrade Araújo	
Marco Aurélio Holanda de Castro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8291907105</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>55</b>
AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE ALTERNATIVAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, SOB ASPECTOS DE RESILIÊNCIA A INUNDAÇÕES E REQUALIFICAÇÃO AMBIENTAL	
Bruna Peres Battemarco	
Lilian Marie Tenório Yamamoto	
Aline Pires Veról	
Marcelo Gomes Miguez	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8291907106</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>67</b>
MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES PÚBLICAS: ESTUDO DE CASO EM ALGUNS	

## TEATROS NA CIDADE DO RECIFE/PE

Carlos Fernando Gomes do Nascimento  
Eduardo José Melo Lins  
Eliana Cristina Barreto Monteiro  
Amanda de Moraes Alves Figueira  
Cynthia Jordão de Oliveira Santos  
Débora Cristina Pereira Valões  
Edenia Nascimento Barros  
George da Mota Passos Neto  
Gilmar Ilário da Silva  
Lucas Rodrigues Cavalcanti  
Marcionillo de Carvalho Pedrosa Junior  
Maria Angélica Veiga da Silva  
Mariana Santos de Siqueira Bentzen  
Paula Gabriele Vieira Pedrosa

**DOI 10.22533/at.ed.8291907107**

## **CAPÍTULO 8 ..... 80**

CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE COMPARATIVA DE PÓS NANOMÉTRICOS OBTIDOS POR MOAGEM DE ALTA ENERGIA COM E SEM LIXÍVIA ÁCIDA PARA APLICAÇÃO EM FOTOCATÁLISE

Lucca Monteiro Silva Semensato  
Luis Fernando Baldo Estorari  
Maisa Helena Mancini  
Veridiana Magalhães Costa Moreira  
Ana Gabriela Storion  
Eliria Maria de Jesus Agnolon Pallone  
Tânia Regina Giraldi  
Sylma Carvalho Maestrelli

**DOI 10.22533/at.ed.8291907108**

## **CAPÍTULO 9 ..... 93**

CONTRIBUIÇÕES DA ANÁLISE DE REDES SOCIAIS A UM CLUSTER COMERCIAL PLANEJADO DE VAREJO DE AUTOMÓVEIS

Marco Aurélio Sanches Fittipaldi  
Denis Donaire

**DOI 10.22533/at.ed.8291907109**

## **CAPÍTULO 10 ..... 106**

IMPLEMENTAÇÃO DE UMA MESA DE VARREDURA XY E APRIMORAMENTO DO SISTEMA FOCAL DE UM APARELHO DE LITOGRAFIA

Raul de Queiroz Mendes  
Arlindo Neto Montagnoli

**DOI 10.22533/at.ed.82919071010**

## **CAPÍTULO 11 ..... 120**

ANÁLISE DO IMPACTO DO ROTEAMENTO FIXO EM REDES ÓPTICAS ELÁSTICAS TRANSLÚCIDAS CONSIDERANDO DIFERENTES CENÁRIOS DE DEGRADAÇÃO DA QUALIDADE DE TRANSMISSÃO

Arthur Hendricks Mendes de Oliveira  
Helder Alves Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.82919071011**

## **CAPÍTULO 12 ..... 128**

ANÁLISE DO IMPACTO DO CASCATEAMENTO DE FILTROS ÓPTICOS CONSIDERANDO

## DIFERENTES ARQUITETURAS DE REDES ÓPTICAS ELÁSTICAS

Eloisa Bento Sarmiento

Helder Alves Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.82919071012**

## **CAPÍTULO 13** ..... **138**

### MODELAGEM DO EQUILÍBRIO SÓLIDO-LÍQUIDO NA SOLUBILIDADE DE ÁCIDOS GRAXOS EM SOLVENTES ORGÂNICOS

Bruno Rossetti de Souza

Vanessa Vilela Lemos

Jessica Cristina Silva Resende

Karolina Soares Costa

Marlus Pinheiro Rolemberg

Rodrigo Corrêa Basso

**DOI 10.22533/at.ed.82919071013**

## **CAPÍTULO 14** ..... **149**

### AVALIAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE TiO<sub>2</sub> OBTIDAS POR MOAGEM DE ALTA ENERGIA COM E SEM LIXIVIAÇÃO

Lucca Monteiro Silva Semensato

Vanessa Vilela Lemos

Gabriel de Paiva

Luis Fernando Baldo Estorari

Maisa Helena Mancini

Ana Gabriela Storion

Eliria Maria de Jesus Agnolon Pallone

Tânia Regina Giraldi

Sylma Carvalho Maestrelli

**DOI 10.22533/at.ed.82919071014**

## **CAPÍTULO 15** ..... **161**

### ANÁLISE DA INTERFERÊNCIA DO PRÉ-AQUECIMENTO DO ÓLEO E DA TEMPERATURA DE TRANSESTERIFICAÇÃO NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO BIODIESEL

Gerd Brantes Angelkorte

Ivenio Moreira da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.82919071015**

## **CAPÍTULO 16** ..... **170**

### ASPECTOS BOTÂNICOS DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Sebastião Gomes Silva

Jorddy Neves da Cruz

Pablo Luis Baia Figueiredo

Wanessa Almeida da Costa

Mozaniel Santana de Oliveira

Rafael Henrique Holanda Pinto

Renan Campos e Silva

Fernanda Wariss Figueiredo Bezerra

Raul Nunes de Carvalho Junior

Eloisa Helena de Aguiar Andrade

**DOI 10.22533/at.ed.82919071016**

## **CAPÍTULO 17** ..... **182**

### ESTUDO DOS EFEITOS DAS VARIÁVEIS DE IMPRESSÃO 3D POR EXTRUSÃO SOBRE AS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO ÁCIDO POLILÁTICO (PLA) OBTIDAS POR INTERMÉDIO DE

ENSAIO DE TRAÇÃO

Camila Colombari Bomfim  
Antônio Carlos Marangoni  
Rafael Junqueira Marangoni

**DOI 10.22533/at.ed.82919071017**

**CAPÍTULO 18 ..... 194**

ESTUDO DO ASPECTO GEOMÉTRICO DOS CORDÕES DE SOLDA COMO ORIENTAÇÃO  
OPERACIONAL PARA O USO NA SOLDAGEM MAG ROBOTIZADA

Everaldo Vitor  
Paulo Eduardo Alves Fernandes

**DOI 10.22533/at.ed.82919071018**

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 206**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 207**

## TRATAMENTO DA ÁGUA DE DRENAGEM PLUVIAL: UM MAL NECESSÁRIO?

**Carlos Augusto Furtado de Oliveira Novaes**

Universidade de Brasília, Faculdade de Ciência e  
Tecnologia  
Brasília, Distrito Federal

reduce the water supply sources damages.

**KEYWORDS:** urban drainage; stormwater; wastewater treatment; contaminants removal; outflows.

**RESUMO:** Com altas cargas de contaminação, por vezes superiores as de efluentes de águas residuárias com pouco tratamento, os efluentes de águas pluviais urbanas, no Brasil, não têm recebido atenção à altura dos desafios que a questão apresenta. Existem, no entanto, diversas técnicas disponíveis para este tratamento, que não as ETE's – Estações de Tratamento de Esgotos, de forma a evitar ou reduzir o comprometimento de Mananciais.

**PALAVRAS-CHAVE:** drenagem urbana; águas pluviais; tratamento de efluentes; remoção de contaminantes; escoamentos.

### STORMWATER TREATMENT: A NECESSARY EVIL?

**ABSTRACT:** Although the great stormwater contaminant loads, sometimes higher than primary treated wastewater, in Brazil there is no attention to stormwater pollution control and so the challenges are enormous. Besides that, there are many other disponible options than ETE's to treat stormwater in way to avoid or

### 1 | INTRODUÇÃO

O principal foco das atenções no Brasil, quando se trata de drenagem urbana ou de águas pluviais, recai quase sempre nas questões de quantidades ou volumes, por serem mais evidentes as consequências da falta de espaço disponível nas cidades para acomodá-las. Assim, os grandes volumes de precipitações, quando ocorrem, provocam inundações pontuais e chamam a atenção de todos ocupando espaço na mídia e passando a ser de conhecimento geral.

Nesse contexto os responsáveis pelas gestões municipais têm se dedicado ao assunto e procurado soluções que, via de regra, recaem sobre o armazenamento temporário por meio de reservatórios de detenção (curto período de tempo) ou de retenção (tempo mais longo) propiciando em algumas soluções a infiltração de parte do volume armazenado.

Tal tem sido a frequência de utilização dessa solução “única”, que se tornou conhecida pela população como “piscinões”.

Construídas de diversas formas e podendo

se localizar de forma distribuída, ao longo das bacias, ou concentrada, próxima de seus exutórios, acumulando maiores volumes, são posicionadas de acordo com o espaço disponível e as características de cada bacia.

No entanto, deve-se perceber que além da questão de quantidade existem outras, nem sempre ressaltadas, mas não menos importantes, que se referem aos aspectos de qualidade das águas pluviais.

Há problemas decorrentes não só do espaço para armazenamento de volumes significativos de água pluvial em meio urbano, como também da possibilidade de proliferação de larvas de mosquitos e outras espécies além de odores desagradáveis e concentração da poluição de fontes difusas, arrastada pelos fluxos pluviais até os reservatórios.

Por outro lado, em muitas situações, o destino final dos efluentes pluviais, sem tratamento algum, são os mananciais de abastecimento como é o caso, por exemplo, do Lago Paranoá em Brasília – DF.

Dessa maneira coloca-se a questão do presente artigo: deve-se tratar o efluente pluvial em meio urbano? Seria esse tratamento um mal necessário? Quais as alternativas disponíveis para a efetivação deste tratamento?

## **2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Tratamento do Efluente Pluvial**

Quando se pensa em tratamento de efluentes a primeira ideia que surge é a das ETE's – Estações de Tratamento de Esgotos, forma mais convencional, com seus componentes complementares, as redes de coleta e transporte e seus acessórios como os sistemas de bombeamento e demais.

Outro conceito importante é o de sistema separador absoluto que individualiza as redes de coleta e transporte para cada um dos dois sistemas de efluentes, o de águas residuárias, ou esgotos, e o de águas pluviais, ou de chuva.

Apenas estes dois aspectos citados, estações e redes, são suficientes para indicar que esse caminho, o das ETE's, para o tratamento dos efluentes pluviais, seria bastante oneroso, para não dizer inviável, técnica, operacional e financeiramente.

Em termos de efluentes pluviais, os longos períodos secos, acentuados em função das mudanças climáticas, produzem altas cargas de poluentes momentâneas e extensos períodos sem carga, refletindo-se na forma de operação e manutenção das instalações de tratamento, e nas soluções adotadas.

Existem, no entanto, diversas outras opções chamadas de Ecotecnologias de tratamento ou de BMP's – “Best Management Practices”, melhores práticas de gestão, que oferecem alternativas não só quantitativas, mas também relativas à qualidade dos efluentes, possibilitando diversos graus de tratamento das águas pluviais.

## 2.2 Sistemas e Processos

Os sistemas de tratamento de águas pluviais podem reduzir os volumes de escoamento, as concentrações de poluentes e as massas totais de contaminantes que afluem aos corpos hídricos. As lagoas e bacias de detenção e retenção, as wetlands, naturais ou construídas, as valas de infiltração, os pavimentos permeáveis são alguns desses sistemas.

Os processos de tratamento, em função de seus princípios de funcionamento, classificam-se em físicos, como, por exemplo, a sedimentação, filtração ou infiltração; térmicos; biológicos; químicos ou combinados entre estas diversas formas, devendo-se ressaltar que um sistema pode conter diversos processos.

### 2.2.1 Bacias, Lagoas de Detenção e Wetlands Construídas

As bacias e lagoas de detenção surgiram a partir dos anos sessenta como soluções de tratamento ao final da rede ou “end of the pipe”, geralmente para grandes volumes de escoamentos e, a partir dos anos noventa, surgem as Wetlands Construídas projetadas para tratamento de fluxos variáveis, associadas a filtros vegetais, os denominados filtros de bioretenção (TONDERA, 2013), baseados no princípio de filtração por gravidade e inspiradas nas Wetlands naturais, chamadas em português de banhados. Estes dispositivos têm sua eficiência diretamente ligada a parâmetros hidráulicos como volume, velocidade do fluxo, turbulência e outros, de forma a propiciar o funcionamento de acordo com os princípios de sedimentação. A construção de uma pré-bacia de entrada, mostrada na figura 1, onde as partículas maiores se sedimentam pode favorecer o processo sendo também relevantes longos tempos de residência hidráulica.

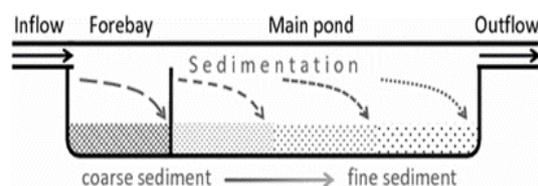


Figura 1 – Corte esquemático de bacia de retenção com bacia de acesso, ou “Forebay”, e bacia principal, mostrando gradiente de sedimentos da esquerda para a direita (BLECKEN et al., 2011).

Após a análise de 98 Wetlands urbanas, diversos autores australianos (DAVID et al., 2017) concluíram que o tipo de uso do solo na bacia é determinante do perfil de poluentes nos sedimentos, sendo a presença de indústria na bacia um fator de risco elevado para a contaminação. Bacias industrializadas apresentaram maior risco em relação às demais. Fatores como a idade da Wetland e a geologia da bacia também influenciam a qualidade dos sedimentos. Houve a verificação da presença

de metais pesados em todas as bacias (13 tipos de metais em 100% das bacias) e hidrocarbonetos de petróleo (94% das bacias) além da presença de pesticidas comuns, nos sedimentos. Deve-se notar que alguns poluentes se encontram aderidos aos sedimentos e são removidos no processo de sedimentação. Poluentes dissolvidos são removidos por processos biológicos associados à vegetação existente nas regiões de pouca profundidade, mas essa remoção tem, em geral, pouca eficiência (TONDERA, 2013), à exceção de casos aonde há abundância de vegetação.

### 2.2.2 Valetas de Infiltração

Valetas de infiltração são dispositivos baseados em sedimentação, filtração, infiltração e interações químicas e biológicas com o solo (WINSTON et al., 2012). Em sua maioria são revestidas por grama, conforme mostra a figura 2 e, de acordo com diversos autores, apresentam eficiências médias na remoção de poluentes da ordem de: 72% para sólidos em suspensão totais, 52% para fósforo e 45% para nitrogênio (DELETIC; FLECHTER, 2006).

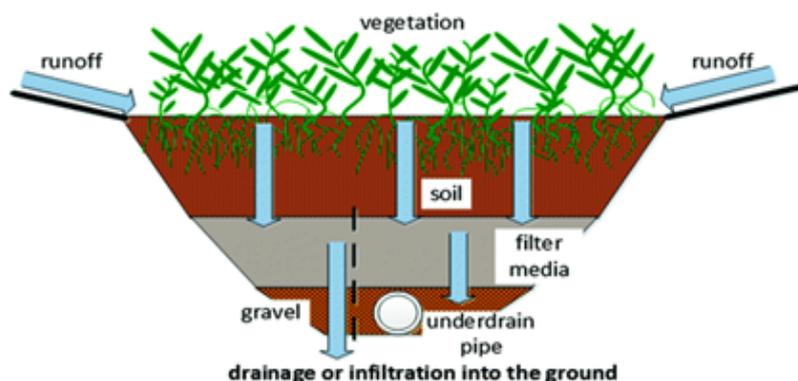


Figura 2 – Corte esquemático da seção transversal de valeta de infiltração típica com as setas azuis demonstrando os fluxos de efluentes pluviais (MANGANGKA; GOONETILLECKE; EGODAWATTA, 2016).

Constituem-se, em sua maioria, de canais vegetalizados com declividades longitudinais usualmente menores do que 1,5% e inclinações laterais em torno de 1V:13H (KACHCHU et al., 2014) ou mais. Ao longo de estradas são muito utilizadas em conjunto com pequenas sarjetas, posicionadas de forma a conduzirem os fluxos da estrada para as valetas. As valetas de infiltração não devem ser propostas como dispositivos únicos para tratamento de águas pluviais, mas como complementares ou complementados por outros sistemas (KACHCHU et al., 2014). Diversos fatores como o percentual de vegetalização de sua superfície, seu comprimento e até mesmo a sua eventual adubação, contribuem para dar maior ou menor eficiência ao dispositivo. As partículas maiores, afluentes na corrente líquida, tendem a sedimentar-se nos primeiros metros enquanto os de menor tamanho tendem a seguir adiante por um

maior percurso criando um gradiente de sedimentação a partir das entradas das valetas. A utilização de valetas em experimentos (KACHCHU et al., 2014), no intuito de verificar a sua efetividade como pré-tratamento para a utilização de pavimentos permeáveis, demonstrou bons resultados para a remoção de sólidos em suspensão totais, mas pouca eficiência na remoção de nutrientes. Foram removidos de 50 a 75% dos sólidos em suspensão totais nos primeiros 10 metros de valetas. Dessa forma concluíram que não há necessidade de longas valetas para efeito de remoção de sólidos em suspensão. Da mesma maneira consideraram, após os experimentos, que valetas podem ser utilizadas como dispositivos para tratamento prévio a outros sistemas possibilitando assim a estes últimos o prolongamento de sua vida útil. Estas valetas devem ser dimensionadas de acordo com as características locais, como as condições hidrológicas e tipos de poluentes presentes, de forma a terem eficiência (HAIYAN et al., 2016), sem deixar de levar em conta as características dos solos para que se possa projetá-las considerando a infiltração, especialmente para o caso de pequenos fluxos.

## 2.3 Remoção de Nutrientes

### 2.3.1 Nitrogênio e Fósforo

Nutrientes causam a depleção do oxigênio dissolvido nos corpos hídricos e a eutrofização de suas superfícies com o excessivo crescimento de plantas e algas. Por essas razões a remoção de nutrientes, especialmente de Nitrogênio e Fósforo, deve ser realizada. Deve-se, no entanto, levar em conta que, enquanto partículas de nutrientes aderentes a sedimentos podem ser removidas por processos físicos, como filtração e sedimentação, compostos de nitrogênio e fósforo dissolvidos requerem outros processos de remoção, pois tem processo de degradação bioquímica diferente. De forma geral, em sistemas separadores urbanos, com exceção de situações onde ocorrem ligações ilícitas (PANASIUK et al., 2015), a concentração de nutrientes nos escoamentos pluviais é pequena e não chama a atenção dos pesquisadores. A pequena presença de fósforo (P) em escoamentos de estradas comprova este fato já que, inexistem contaminações cruzadas em decorrência de ligações irregulares e, nesses casos, há pouca presença de detritos. Ainda que apresentem boa remoção de fósforo (P), com 60 a 70% de eficiência (MARSALECK; URBONAS e LAWRENCE, 2005), lagoas e bacias não são recomendadas para a remoção de Nitrogênio (N), a não ser quando associadas a uma zona de desnitrificação, constituindo-se de um segundo estágio, ou tenham sua capacidade de retenção aumentada. Para valetas de infiltração existem resultados variados, dependentes de maiores verificações, sendo sugerida sua utilização combinada a outros dispositivos.

## 2.4 Cargas Microbianas

A avaliação da presença de microrganismos patogênicos em efluentes é complexa e dispendiosa e, por essas razões, usualmente utiliza-se de indicadores da presença de organismos fecais (e. coli, organismos termotolerantes, e enterococci, assim como bacteriófagos como F-RNA). Os bacteriófagos são considerados melhores indicadores de vírus por representarem mais adequadamente as características dos vírus intestinais humanos (HAVELAAR et al. 1993). A presença nos efluentes pluviais de micro-organismos fecais e bacteriófagos é muitas vezes significativa, ocorrendo não só em razão da poluição difusa de origem humana e animal, como de cargas pontuais, com origem em extravasamentos das redes de águas residuárias (MERTENS et al., 2017) e de ligações irregulares destas, nos sistemas de efluentes pluviais. A forma mais comum de remoção desses micro-organismos é sua sedimentação, quando estão aderentes a partículas maiores sedimentáveis ou quando seu tamanho o permite como, por exemplo, no caso de parasitas. Cerca de 30% a 55% das bactérias fecais (*E. coli*, enterococos intestinais e coliformes) encontram-se associadas a sólidos sedimentáveis (CHARACKLIS, et al., 2005). *E. coli* tem predominância em escoamentos urbanos (90%) podendo aparecer associada às partículas finas de diâmetro menor que 3µm ou na forma livre, em suspensão (CHANDRASENA et al., 2012). Esses resultados foram obtidos para sistemas separadores e, indicam que a remoção de partículas finas é importante para eliminação desta contaminação microbiana. Ressalta-se que a sobrevivência microbiana pode ser maior quando esses organismos se encontram ligados a sólidos (DAVIES; BAVOR, 2000). Microrganismos ligados a sólidos e micróbios maiores que 5 µm podem ser removidos por filtração. A figura 3 apresenta o tamanho de patógenos encontrados em águas residuárias (GARGIULO et al., 2007).

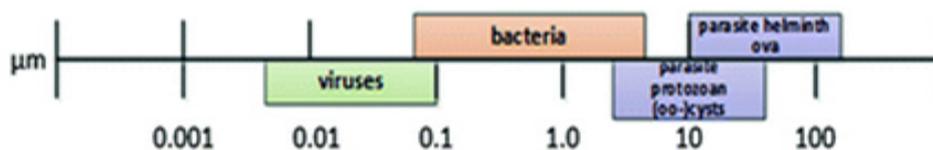


Figura 3 – Tamanho dos patógenos encontrados em águas residuárias.

Partículas em suspensão podem ser removidas por adsorção ou por processos físico-químicos de filtração se o seu diâmetro for menor que o do material do filtro. O processo predominante de retenção de vírus em meios porosos é a adsorção (CORAPCIOGLIU; HARIDAS, 1984) sendo maior quanto maior for o crescimento da massa de biofilme no meio filtrante (WALDHOFF, 2008, apud TONDERA et al., 2017). Por outro lado, micro-organismos removidos por processos físicos como sedimentação, filtração e adsorção tem potencial para serem reintroduzidos nos sistemas sendo aconselhável a utilização de outros processos que permitam sua inativação ou remoção

permanente. A radiação UV – ultravioleta - presente em áreas abertas, onde exista a presença de luz penetrante, pode ser um destes processos de inativação, como é o caso de lagoas e de Wetlands com fluxo superficial (NGUYEN et al. 2015). Outros mecanismos são a predação (STOTT et al., 2003), aderência à biofilmes (STOTT; TANNER, 2005) e inibição (STEVIK et al., 2004). Os escoamentos de águas pluviais de sistemas separadores, em geral, podem apresentar altas contaminações por micro-organismos fecais, similares àquelas encontradas em sistemas de tratamento parcial de águas residuárias. Indicadores de níveis de bactérias em efluentes pluviais têm demonstrado, quando comparados aos padrões microbiológicos de qualidade da água, que essas águas representam um perigo potencial quando o manancial que as recebe tem como uso a recreação ou a extração de água bruta para abastecimento (GALFI et al., 2016).

A variabilidade é uma característica marcante dos fluxos em sistemas de drenagem de efluentes pluviais, marcadamente o chamado fluxo inicial, ou “first flux”, que carrega alta carga de poluentes, e ocorre após um prolongado período sem chuvas. Assim, a escolha dentre as opções disponíveis de sistemas de tratamento deve considerar os fluxos de escoamentos variáveis no tempo e a variação das cargas poluidoras. Em termos espaciais, as cargas de áreas densamente habitadas e áreas urbanizadas centralizadas nas bacias de contribuição tendem a apresentar maior concentração de carga bacteriana, sugerindo correlação entre as cargas e uso do solo (GALFI et al., 2016), além de outras características como sazonalidades, períodos secos e intensidades de precipitações. Diversos estudos mostram variações nas concentrações de poluentes para diversos usos do solo e sistemas (separadores, únicos ou combinados).

Em termos de sistemas de tratamento tanto lagoas como bacias apresentam bom potencial de tratamento já que existe um percentual significativo de bactérias associado a partículas sedimentáveis (CHARACKLIS et al., 2005).

Wetlands construídas de fluxo superficial também tem apresentado eficiência na remoção para determinadas faixas de fluxos, podendo atingir 75% de taxa de remoção (DAVIES; BAVOR, 2000). São mais eficientes que as lagoas devido à presença da vegetação, que reduz a velocidade do fluxo, facilitando a sedimentação de partículas mais finas ( $< 2\mu\text{m}$ ) e, permite o crescimento de biofilme favorecendo a adesão de micróbios (DAVIES; BAVOR, 2000). Existem ainda diversos estudos, com dados variados, visando à utilização de Wetlands de fluxo vertical e biofiltros, cujos resultados (WALDHOFF, 2008) merecem análise por demonstrarem potencialidade na remoção de micro-organismos.

## 2.5 Remoção de Metais

Os metais são poluentes de grande preocupação e sua presença nos efluentes pluviais acontece sob duas formas: substâncias aderentes às partículas mais finas

dos sedimentos e de forma dissolvida, chamada biodisponível. Essa segunda parte, dissolvida, subdivide-se em duas frações, uma coloidal e outra dita verdadeiramente dissolvida. A superfície dos colóides tem geralmente carga negativa atraindo outros íons positivos. Já a parte restante, encontrando-se livre, pode ser absorvida por todo tipo de organismos convertendo-se em fonte de alta toxicidade. Dois fatores têm importância na solubilização dos metais: o PH e a matéria orgânica dissolvida, sendo maior a solubilidade quanto menor for o PH (INGRI, 2012). Estudos (BOOGAARD et al., 2014) revelaram que a maior parte das partículas metálicas se encontra aderida a outras de tamanho inferior a 90µm, ou até de 60µm, e assim os dispositivos de tratamento devem ser capazes de remoção de partículas finas. Uma das fontes mais importantes de metais é o tráfego veicular, mas os telhados, equipamentos de iluminação e outras superfícies das edificações como, por exemplo, as fachadas, contribuem para a presença desses poluentes nas correntes de efluentes pluviais urbanos. Telhados metálicos geralmente contribuem com Zn e Cu e rodovias com Pb, Cd, Cr e Ni. Em áreas conectadas a pistas de tráfego de veículos há grande concentração destes poluentes (CZEMIEL, 2014). Estudos recentes, realizados na Suécia (KARLSON et al., 2016), demonstraram que em lagoas de sedimentação e tanques, em se tratando de sedimentos pluviais, a maior parte dos poluentes metálicos (Cu, Cd, Pb, Zn e Ni) encontravam-se sob a forma não aderida, ou seja, potencialmente móvel. A análise de sistema constituído por lagoas-Wetlands (AL-RUBAEI et al. 2016) demonstrou uma eficiência de remoção de metais variando entre 55% e 80%, atribuindo-se à presença de Wetlands um grande incremento na remoção de metais dissolvidos quando se compara a sistemas contendo apenas lagoas. Para valetas a eficiência na remoção de metais mostrou-se pequena (BACKSTROM et al., 2006).

## 2.6 Contaminantes Emergentes

Contaminantes emergentes são substâncias que, apesar de detectadas no meio ambiente, ainda não tem seus comportamentos e efeitos toxicológicos conhecidos, e por essa razão não fazem parte das rotinas de monitoramento.

São produtos com diversas origens como remédios para seres humanos e animais, produtos de cuidados pessoais, nanomateriais, pinturas e acabamentos. Podem ser subdivididos em inorgânicos e orgânicos como, por exemplo, metais, pesticidas e fenóis. Os mecanismos de remoção dependem das suas composições químicas e envolvem desde processos físicos (sedimentação e filtração), biológicos, como a retirada pelas plantas e micro-organismos, até processos químicos, como precipitação, oxidação e hidrólise, dentre outros (ZHANG et al. 2012). Devido ao grande número de compostos produzidos industrialmente todos os dias, indicadores de fonte e de processo têm sido sugeridos como caminho para a identificação desses poluentes. Tais indicadores devem facilitar o monitoramento de poluentes, tendo características que possibilitem isso como, por exemplo, serem facilmente detectáveis com relativamente baixo esforço

e por meio de vários métodos (JEKEL et al., 2015). Para escoamentos agrícolas de fontes não pontuais foram propostos pesticidas como substâncias indicadoras (PASSEPORT et al., 2011) e para escoamentos urbanos diversos herbicidas (JEKEL et al., 2015). Existem diversos estudos analisando a remoção de pesticidas em bacias, wetlands construídas, biofiltros e valetas. Sabe-se que, além do processo de sedimentação, agem na remoção processos de transferência (por meio de absorção) e de transformação que, produzem outras moléculas (metabólitos e produtos de degradação) a partir da molécula de pesticida, cujo processo apresenta-se de forma esquemática na figura 4.

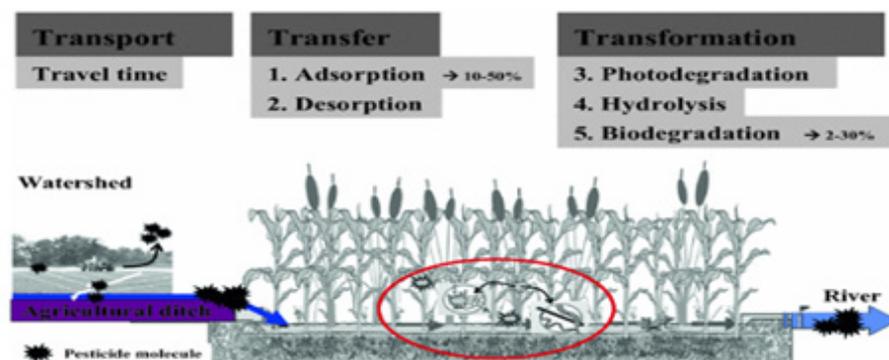


Figura 4 – Processos envolvidos na remoção de pesticidas em uma Wetland artificial (PASSEPORT et al., 2011).

Existem números representativos de resultados obtidos a partir de experimentos com S-metolachlor e expoxiconazole (HOYOS-HERNANDEZ, 2010). A biodegradação das moléculas é um processo lento que se beneficia da existência de tempos de detenção longos. A vegetação tem diversos efeitos sobre a remoção de pesticidas: por efeito de aeração dos sedimentos permite aumentar a atividade microbiana e, por aumento da rugosidade, provoca maiores tempos de detenção, favorecendo a sedimentação. Por adsorção superficial retira parte dos pesticidas, e ainda pela decomposição dessa vegetação, se constitui em fonte de carbono orgânico para os microrganismos. Os filtros de bioretenção, por sua vez, apresentam diversos processos de remoção de contaminantes como: filtração, processos físicos, químicos e bioquímicos (RANDELOVIC et al. 2016).

### 3 | CONCLUSÕES

Existem alternativas para o tratamento de efluentes de águas pluviais que não o seu simples encaminhamento às ETE's. A opção por não os tratar, além de se mostrar inadequada, por desprezar um importante contribuinte da poluição de mananciais, não encontra justificativa sob o ponto de vista das soluções técnicas disponíveis. Dessa forma seu tratamento é um BEM necessário, a ser buscado o mais breve possível.

## REFERÊNCIAS

- Al-Rubaei, A. M. et al. **Long-term hydraulic and treatment performance of a 19-year old constructed stormwater wetland finally matured or in need of maintenance?** *Ecol Eng*, 95, 2016. p. 73-82.
- Babut, M. et al. **Pesticide risk assessment and management in a globally changing world-report from a European interdisciplinary workshop.** *Environ Sci Poll Res*. 20 (11), 2013. p. 8298-8312.
- Backstrom, M. et al. **Transport of stormwater pollutants through a roadside grassed swale.** *Urban Water J*, 3 (2), 2006. p. 55-67.
- Blecken, G.T. et al. **Laboratory study on stormwater biofiltration in cold temperatures: metal removal and fates.** *Water Air Soil Pollut*, 219, 2011. p. 303-317.
- Boogaard, F. C. et al. **Stormwater quality characteristics in (Dutch) urban areas and performance of settlement basins.** *Challenges*, 5, 2014. p. 112-122.
- Chandrasena, G. I. et al. **Evaluation Escherichia coli removal performance in stormwater biofilters: a laboratory scale study.** *Water Sci Technol*, 66 (5), 2012. p. 1132-1138.
- Characklis, G. W. et al. **Microbial partitioning to settleable solids in stormwater.** *Water Res.*, 39 (9), 2005. p. 1773-1782.
- Corapcioglu, Y.; Haridas, A. **Transport and fate of microorganisms in porous media: a theoretical investigation.** *J. Hidrol*, 72, 1984. p. 149-169.
- Czemieli, B. J. **Storm water quality of first flush urban runoff in relation to different traffic characteristics.** *Urban Water*, 11 (4), 2014. p. 284-296.
- David, J. S. et al. **Linking urban land use to pollutants in constructed wetlands: Implications for stormwater and urban planning.** *Landscape and Urban Planning*, 162, 2017. p. 80–91.
- Davies, C. M.; Bavor, H. J. **The fate of stormwater-associated bacteria in constructed wetland and water pollution control pond systems.** *J. Appl Microbiol*, 89, 2000. p. 349-360.
- Deletic, A.; Flechter T. D. **Performance of grass filters used for stormwater treatment – a field and modelling study.** *Hydrol*, 317 (3/4):2, 2006. p. 261-275.
- Galfi, H. et al. **Inter-event and intra-event variations of indicator bacteria concentrations in the storm weser system of the city of Östersund, Sweden.** *J Environ Eng.*, 142, 7, 2016. p. 601-603.
- Gargiulo, G. et al. **Bacteria transport and deposition under unsaturated conditions: the role of the matrix grain size and the bacteria surface protein.** *J. Contam. Hydrol.*, 92 (3-4), 2007. p. 255-273.
- Haiyan, L. et al. **Performance evaluation of Grassed swales for stormwater pollution control.** *Procedia Engineering*, 154, 2016. p. 898 – 910.
- Havelaar, A. H. et al. **F-specific RNA bacteriophages are adequate model organisms for enteric viruses in fresh-water.** *Appl. Envir. Microbiol.*, 59, 1993. p. 2956-2962.
- Hoyos-Hernandez C. **Degradation du S-metolachlor dans une zone tampon humide artificielle en fonction de l'activité microbienne, des conditions d'oxydoréduction et des différentes sources de carbone.** Master Thesis in French, Vol. Master II, Ingénierie Biologique de l'environnement, Univ. Paris Est, Créteil, France, 2010. p.62.

- Ingri, J. **Introduction in environmental chemistry**. Studentlitteratur AB, Lund, Sweden, 2012.
- Jekel, M. et al. **Selection of organic process and source indicator substances for the anthropogenically influenced water cycle**. Chemosphere, 125, 2015. p. 155-167.
- Kachchu, M. M. A. et al. **Preliminary investigation into the pollution reduction performance of swales used in a stormwater treatment train**. J. Water Sci Technol ,69(5), 2014. p. 1014-1020.
- Karlson, K. et al. **Environmental risk assessment of sediments deposited in stormwater treatment facilities: trace metal fractionation and its implication for sediment management**. J. Environ Eng., 142 (11), 2016.
- Mangangka, I. R. et al. **Enhancing the storm water treatment performance of constructed wetlands and bioretention basins**. Springer Briefs in Water Science and Technology, Singapore, 2016. ISBN 978-981-10-1659-2.
- Marsaleck, J; Urbonas, E., Lawrence I. “**Stormwater Management Ponds**”, in Shilton A. (ed.) Pond Treatment Technology. IWA Publishing, London, UK. 2005.
- Mertens, F. M. et al. **Micropollutants in discharged water from a separate sewer rain basin within the catchment area of river Swist**. Korrespondenz Wasserwirtschaft, 10 (3), 2017. p. 145-150.
- Nguyen, M. T. et al. **Sunlight inactivation of fecal indicator bacteria in open-water unit process treatment wetlands: Modeling endogenous and exogenous inactivation rates**. Water Res, 83, 2015. p. 282-292.
- Panasiuk, O. et al. **Contamination of stormwater by wastewater: a review of detection methods**. J Environ Manage, 152, 2015. p. 241-250.
- Passeport E. et al. **Selected pesticides adsorption and desorption in substrates from artificial wetland and forest buffer**. Environ Tox Chem, 30 (7), 2011. p. 1669-1676.
- Randelovic, A. et al. **Stormwater biofilter treatment model (MPIRe) for selected micro-pollutants**. Water Res, 89, 2016. p. 180-191.
- Stevik, T. K. et al. **Retention and removal of pathogenic bacteria in wastewater percolating through porous media: a review**. Water Res, 38, 2004. p. 1355-1367.
- Stott, R. et al. **Predation of Cryptosporidium oocysts by protozoa and rotifers: implications for water quality and public health**. Water Sci Tech, 47, 2003. p. 77- 83.
- Stott, R.; Tanner, C. C. **Influence of biofilm on removal of surrogate faecal microbes in a constructed wetland and saturation pond**. Water Sci Tech, 51, 2005. p. 315-322.
- Tondera, K. et al. **Combined sewer overflow treatment: removal of oxygen depleting parameters via retention soil filters**. In: 8th NOVATECH, June 2013, Lyons, France. p. 23-26.
- Tondera, K. et al. **Ecotechnologies for the treatment of variable stormwater and wastewater flows**. SpringerBriefs in Water Science and Technology. Springer International Publishing, Nov 23, 2017. 127p.
- Winston, R. J. et al. **Field evaluation of stormwater control measures for highway runoff treatment**. J Environ Eng., 138 (1), 2012. p. 101-111.
- Zhang, Z. et al. **Removal mechanisms of heavy metal pollution from urban runoff in wetlands**. Front Earth Sci, 6 (4), 2012. p. 433-444.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**JOÃO DALLAMUTA** Professor assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Engenharia de Telecomunicações pela UFPR. MBA em Gestão pela FAE Business School, Mestre pela UEL. Doutorando em Engenharia Espacial pelo INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Ácidos Graxos 138, 139, 143, 146, 147  
Águas Pluviais 25, 26, 27, 28, 31, 33, 38, 39, 40, 43, 45, 55, 76  
Algoritmo de Roteamento 120, 123, 126, 127  
Algoritmo de Utilização de Regeneradores 120  
Análise de Redes Sociais 93, 95, 96, 97, 98, 99, 101, 103, 104  
Arquitetura 55, 123, 128, 129, 130, 131, 133, 134, 135, 136  
Aspectos Botânicos 170, 171

### B

Biocombustível 161, 162, 164, 165  
Biodiesel 3, 13, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169  
Biomassa 3, 8, 13, 161

### C

Calibração 46, 48, 49, 50, 52, 53, 54  
Caraúbas 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44  
Cluster Comercial 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103  
Concatenação 128, 129, 135  
Conservação de Energia Elétrica 15, 16, 20, 23, 24  
Controle de Posição 106, 110, 112, 113, 117, 118, 119

### D

Degradação de Estruturas 68  
Demanda Energética 1, 2, 7, 8, 9, 10, 12  
Desenvolvimento Urbano Sustentável 55  
Destilado de Desodorização 138  
Drenagem Urbana 25, 37, 38, 40, 43, 44

### E

Economia de Energia 15, 22  
Eficiência Luminosa 15, 16, 17, 18  
Energia Alternativa 161  
Equilíbrio Sólido-Líquido 138, 140, 141, 144  
Equipamento de Litografia Óptica 106, 108, 110, 111, 112, 118  
Escoamentos 25, 27, 29, 30, 31, 33, 56, 62

## F

Fator de Atrito 46, 49, 50, 52

Filtro Óptico 128, 129, 130, 132

Fotocatálise 80, 81, 82, 89, 149, 150, 151, 160

## G

Gestão de Águas Urbanas 36, 38, 44

## L

Lixívia Ácida 80, 82, 83, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 150, 151, 152, 153, 155, 156, 157, 158, 159

## M

Mesa Cartesiana XY 106

Microgravação 106

MIGHA 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53

Moagem de Alta Energia 80, 81, 82, 83, 86, 89, 91, 149, 150, 151, 154, 159, 160

Modelagem Termodinâmica 138

## N

Nanopartículas 81, 92, 149, 150, 160

Nanopós 81, 149, 150, 151, 152, 153

## O

Óleos Essenciais 170, 171

## P

Patologias 68, 69

Penalidade Física 128, 129

Propriedades Medicinais 170

## Q

Qualidade de Transmissão 120, 121, 128, 129

## R

Rede Óptica Elástica 120, 127, 128, 136

Rede Óptica Elástica Translúcida 120, 127, 136

Remoção de Contaminantes 25, 33

Requalificação Ambiental 55, 57, 61, 65

Resiliência a Inundações 55, 57, 60, 62, 65

Roraima 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14

## S

Saneamento Básico 36, 37, 43, 44

Solubilidade 32, 138, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 147, 148

## T

Teatros Públicos 68

TiO<sub>2</sub> 81, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160

Tratamento de Efluentes 25, 26, 33, 82, 151

Troca de Informações 93, 96, 98, 101, 103

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-682-9

