

# Engenharia Sanitária e Ambiental: Tecnologias para a Sustentabilidade 4

Alan Mario Zuffo  
(Organizador)



Alan Mario Zuffo

(Organizador)

# Engenharia Sanitária e Ambiental: Tecnologias para a Sustentabilidade 4

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Karine de Lima

Revisão: Os autores

### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
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. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E57 Engenharia sanitária e ambiental [recurso eletrônico]: tecnologias para a sustentabilidade 4 / Organizador Alan Mario Zuffo. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Engenharia Sanitária e Ambiental; v. 4)

Formato: PDF

Requisitos do sistema: Adobe Acrobat Reader.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-252-4

DOI 10.22533/at.ed.524191104

1. Engenharia ambiental. 2. Engenharia sanitária.  
3. Sustentabilidade. I. Zuffo, Alan Mario.

CDD 628

Elaborado por Maurício Amormino Júnior I CRB6/2422

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

2019

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.

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

## APRESENTAÇÃO

A obra “Engenharia Sanitária e Ambiental Tecnologias para a Sustentabilidade” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu IV volume, apresenta, em seus 19 capítulos, os conhecimentos tecnológicos da engenharia sanitária e ambiental.

As Ciências estão globalizadas, englobam, atualmente, diversos campos em termos de pesquisas tecnológicas. Com o crescimento populacional e a demanda por alimentos tem contribuído para o aumento da poluição, por meio de problemas como assoreamento, drenagem, erosão e, a contaminação das águas pelos defensivos agrícolas. Tais fatos, podem ser minimizados por meio de estudos e tecnologias que visem acompanhar as alterações do meio ambiente pela ação antrópica. Portanto, para garantir a sustentabilidade do planeta é imprescindível o cuidado com o meio ambiente.

Este volume dedicado à diversas áreas de conhecimento trazem artigos alinhados com a Engenharia Sanitária e Ambiental Tecnologias para a Sustentabilidade. A sustentabilidade do planeta é possível devido o aprimoramento constante, com base em novos conhecimentos científicos.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos, os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para a Engenharia Sanitária e Ambiental, assim, garantir perspectivas de solução de problemas de poluição dos solos, rios, entre outros e, assim garantir para as atuais e futuras gerações a sustentabilidade.

Alan Mario Zuffo

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
OBANHEIRO SECO COMO MEDIDA MITIGADORA PARA O CONTROLE DE DOENÇAS ASSOCIADAS À FALTA DE SANEAMENTO EM CACHOEIRA DO ARARI, SALVATERRA E SOURE, NA ILHA DO MARAJÓ-PA	
Fernando Felipe Soares Almeida Aline Martinho Trindade Ferreira Evelyn Wagemacher Cunha Gabriel Almeida Silva Larissa Delfino Santana Rocha Loreno da Costa Francez	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5241911041</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>19</b>
PESQUISA DA QUALIDADE HIGIÊNICO-SANITÁRIA DE ÁGUA DE CULTIVOS E PEIXES PROVENIENTES DE 10 PESQUE-PAGUES LOCALIZADOS NO RECÔNCAVO BAIANO	
Adriana Santos Silva Danuza das Virgens Lima Daniela Simões Velame Crisnanda da Silva e Silva Ludmilla Santana Soares e Barros	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5241911042</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>28</b>
PESQUISA PARTICIPATIVA SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BAIRRO SÁ VIANA, SÃO LUÍS, MA, BRASIL	
Letícia Fernanda Brito Moraes Juliana de Faria Lima Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5241911043</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>37</b>
PROPOSTA DE ALTERNATIVA PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS ORIUNDAS DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DO SETOR BÁSICO DA UFPA/BELÉM	
Adenilson Campos Diniz André Luiz da Silva Salgado Coelho Hélio da Silva Almeida Amanda Queiroz Mitozo Yuri Bahia de Vasconcelos Neyson Martins Mendonça	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5241911044</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>51</b>
PROPOSTA PARA O GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NAS ETAPAS DE CORTE E PLAINAGEM DO SETOR MOVELEIRO QUE UTILIZA MDF NO MUNICÍPIO DE MARABÁ – PA	
Elysson Filipe de Sousa Silva Raíza Pereira Bandeira Antônio Pereira Júnior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5241911045</b>	

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>77</b>
QUANTIFICAÇÃO DO DESPERDÍCIO DE ÁGUA POTÁVEL NO PROCESSO DE DESTILAÇÃO E ALTERNATIVAS DE REUSO	
Mariane Santana Silva	
Jaira Michele Santana Silva	
Micaelle Almeida Santos	
Joseane Oliveira da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5241911046</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>84</b>
QUANTUM DOTS FROM RENEWABLE PRECURSORS INCORPORATED AT ZINC OXIDE BY SONOCHEMICAL METHOD FOR PHOTOCATALYTIC PROPERTIES	
Mayara Feliciano Gomes	
Yara Feliciano Gomes	
André Luis Lopes Moriyama	
Eduardo Lins de Barros Neto	
Carlson Pereira de Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5241911047</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>100</b>
REGIONALIZAÇÃO DE CURVA DE PERMANÊNCIA DE VAZÃO PARA A SUB- BACIA DO RIO MADEIRA	
Letícia dos Santos Costa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5241911048</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>114</b>
REÚSO DE ÁGUA EM EMPREENDIMENTOS DE LAVAGEM DE VEÍCULOS	
Antonio de Freitas Coelho	
Ailton Braz da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5241911049</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>126</b>
SANEAMENTO: INTERFERÊNCIA NA SAÚDE PÚBLICA E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO	
Francisco Das Chagas Sa Cabedo Junior;	
Keven Barbosa da Silva Cunha;	
Anderson Luiz da Silva Aguiar	
Francisco Daniel Nunes Araújo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52419110410</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>135</b>
TiO <sub>2</sub> SUPORTADO EM VIDRO COMO FOTOCATALISADOR PARA DEGRADAÇÃO DE LARANJADO DE METILA	
Siara Silvestri	
Fernanda C. Drumm	
Patrícia Grassi	
Jivago S. de Oliveira	
Edson L. Foletto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52419110411</b>	

<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>145</b>
USO DA ÁGUA DOS APARELHOS DE AR CONDICIONADO NO CAMPUS PARALELA DO CENTRO UNIVERSITÁRIO JORGE AMADO – UNIJORGE	
Alex dos Santos Queiroz Laís Lage dos Santos José Arthur Matos Carneiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52419110412</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>151</b>
USO DE RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA NA REMOÇÃO DO CORANTE VIOLETA	
Jordana Georjin Paola Rosiane Teixeira Hernandes Letícia de Fátima Cabral de Miranda Daniel Allasia Guilherme Luiz Dotto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52419110413</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>158</b>
UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DA MÁQUINA DE LAVAR ROUPA PARA IRRIGAÇÃO DE GRAMA	
Lucas Oliveira de Souza Sandra Zago Falone	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52419110414</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>169</b>
UTILIZAÇÃO DE POLÍMEROS CATIÔNICOS ORGÂNICOS NO TRATAMENTO DA ÁGUA: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL TANÍFERO DE PLANTAS DO SEMIÁRIDO BAIANO	
Thailany de Almeida Magalhães Aura Lacerda Crepaldi Yuji Nascimento Watanabe Floricea Magalhães Araújo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52419110415</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>179</b>
UTILIZAÇÃO DE UM PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA PARA IDENTIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS PRESENTES EM CINCO PONTOS DO RIO BUCANHA LOCALIZADO NA CIDADE DE TRACUATEUA, NORDESTE PARAENSE	
Renata Conceição Silveira Sousa Sávio Costa de Carvalho Mauro André Damasceno de Melo Cristovam Guerreiro Diniz	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52419110416</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>186</b>
UTILIZAÇÃO DO CAROÇO DE AÇAÍ COMO LEITO FILTRANTE NO TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO E RESIDUÁRIA	
Letícia dos Santos Costa Rui Guilherme Cavaleiro de Macedo Alves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52419110417</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>199</b>
VARIABILIDADE DA INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA DO MUNICÍPIO DE MARABÁ-PARÁ	
Jakeline Oliveira Evangelista Samira Alves Silva	

Phaloma Aparecida  
Tathiane Santos da Silva  
Glauber Epifânio Loureiro

**DOI 10.22533/at.ed.52419110418**

**CAPÍTULO 19 ..... 209**

WETLAND CONSTRUÍDO DE FLUXO SUBSUPERFICIAL NO TRATAMENTO DE RESÍDUOS  
LÍQUIDOS DE BOVINOCULTURA DE LEITE

Kiane Cristina Leal Visconcin

Henrique Moreira Dutra

Liniker Rafael Rodrigues

Edu Max da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.52419110419**

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 214**

## PROPOSTA DE ALTERNATIVA PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS ORIUNDAS DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DO SETOR BÁSICO DA UFPA/BELÉM

### **Adenilson Campos Diniz**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Técnico Administrativo em Educação/Engenheiro Sanitarista da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).

### **André Luiz da Silva Salgado Coelho**

Engenheiro Sanitarista pela UFPA. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Campina Grande. Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professor da UFPA.

### **Hélio da Silva Almeida**

Engenheiro Sanitarista pela UFPA. Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP. Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia pela UFPA. Professor da UFPA.

### **Amanda Queiroz Mitoso**

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela UFPA. Especialista em Gestão Hídrica pela UFPA. Mestranda do Programa de Mestrado Profissional em Planejamento Hídrico na UFPA.

### **Yuri Bahia de Vasconcelos**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela UFPA. Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela UFPA. Mestrando do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil na UFPA.

### **Neyson Martins Mendonça**

Engenheiro Sanitarista pela UFPA. Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professor da UFPA.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Oliveira Belo, 806 - Umarizal - Belém - PA - CEP: 66050-380 - Brasil - Cel: (91) 98359-1343 - e-mail: adenilson\_288@hotmail.com

**RESUMO:** Este trabalho teve como objetivo propor, dimensionar e analisar técnica e economicamente diferentes alternativas para o sistema de tratamento de águas residuárias do Restaurante Universitário (RU) da UFPA, campus Belém. O restaurante já possui um pré-tratamento composto por caixas de gordura e tanque séptico; no entanto, pesquisas recentes verificaram que a carga orgânica efluente a esse tratamento ainda é bastante alta, inclusive mais elevada do que as típicas de esgotos domésticos. Por essa razão, as alternativas propostas neste trabalho foram abordadas como sistemas destinados ao tratamento de esgoto industrial. Tais alternativas, bem como os parâmetros de projeto utilizados para seus respectivos dimensionamentos, foram definidas considerando-se as características do efluente do RU analisadas nos estudos supramencionados. A primeira proposta consistiu-se de um sistema composto por UASB + LA (Upflow Anaerobic Sludge Blancket reactor + Lodos Ativados) e, a segunda, de um sistema composto por UASB + FBP (Upflow Anaerobic Sludge Blancket reactor + Filtro Biológico Percolador). Após as análises, verificou-se que o sistema UASB + FBP

apresentaria maiores vantagens em relação aos custos tanto de implantação quanto de operação, e dessa forma, definiu-se este sistema como a alternativa mais viável para este caso. Diante desta verificação, foi realizada a concepção de um pré-projeto de uma ETE para o campus da UFPA visando o tratamento deste efluente. Verificou-se ainda que a maior parte dos custos operacionais seria devido ao pagamento de operadores, sendo relativamente inexpressivos os encargos referentes ao consumo de energia elétrica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Águas residuárias, esgoto industrial, UASB, FBP.

## 1 | INTRODUÇÃO

A imediata remoção de águas residuárias de suas fontes de geração, seguida de adequado tratamento, reúso e/ou disposição final na natureza é de fundamental importância para a proteção da saúde pública e do meio ambiente. Em relação aos efluentes industriais, especialmente, a redução de sua carga poluidora deve deixar de ser vista apenas como um procedimento opcional pelas empresas; pelo contrário, deve ser considerada como um passo vital para preservação de recursos hídricos e para saúde de todos seus usuários. (NEMEROW, 2007, p. 25)

No que tange às responsabilidades das Instituições de Ensino Superior (IES), Tauchen e Brandli (2006, p. 504 e 505) discorrem que o destaque que as IES representam no processo de desenvolvimento tecnológico, na preparação dos estudantes e no fornecimento de conhecimento e informações deve ser utilizado também para construir uma sociedade mais justa e sustentável. Nessa perspectiva, as IES devem, dentre outras medidas, apresentar soluções aos impactos ambientais por elas causados para que sirvam de exemplo no cumprimento da legislação, e deixem, assim, o campo teórico rumo à prática. Ao implantarem tais práticas, ainda que de forma isolada, as universidades estarão caminhando em direção a um desenvolvimento cada vez mais sustentável (BERTOLINO, 2007).

Em termos de tratamento de efluentes, a UFPA deu um importante passo, pois já possui um projeto de estação de tratamento de esgoto com a primeira etapa em fase de instalação, prevendo, a priori, atender apenas ao Setor III (Setor Saúde). No entanto, dentro da universidade existem estabelecimentos cujos efluentes não se caracterizam como domésticos e devem, portanto, ser tratados como esgotos industriais, como é o caso do seu restaurante universitário, conforme estudos realizados por Vasconcelos (2014) e Almeida (2015). Nestes casos, torna-se pertinente a análise de alternativas descentralizadas ao seu tratamento, a fim de se verificar a possibilidade de melhores soluções, tanto do ponto de vista técnico quanto econômico.

Como referência a tal prática, têm-se países da Europa e os Estados Unidos, onde é incomum estações de tratamento municipais modernas receberem águas residuárias de complexos industriais. Nestes lugares, a atual tendência é que as indústrias tratem

seus próprios efluentes em ETEs especialmente projetadas para tal, ainda que esta não seja a alternativa mais econômica para as mesmas (GRAY, 2004, p. 26; PEIRCE, WEINER e VESILIND, 1998, p. 106; WEINER e MATTHEWS, 2003, p. 168).

Diante do exposto, o presente trabalho apresenta um estudo de alternativas para o tratamento do efluente gerado no RU da UFPA. Após revisão de literatura e consulta a especialistas da área, definiu-se analisar, técnica e economicamente, duas alternativas de tratamento. A primeira alternativa consistiu em um sistema composto de UASB + LA e, a segunda, em UASB + FBP.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia empregada neste trabalho foi dividida em oito etapas, conforme descrito na Figura 1:

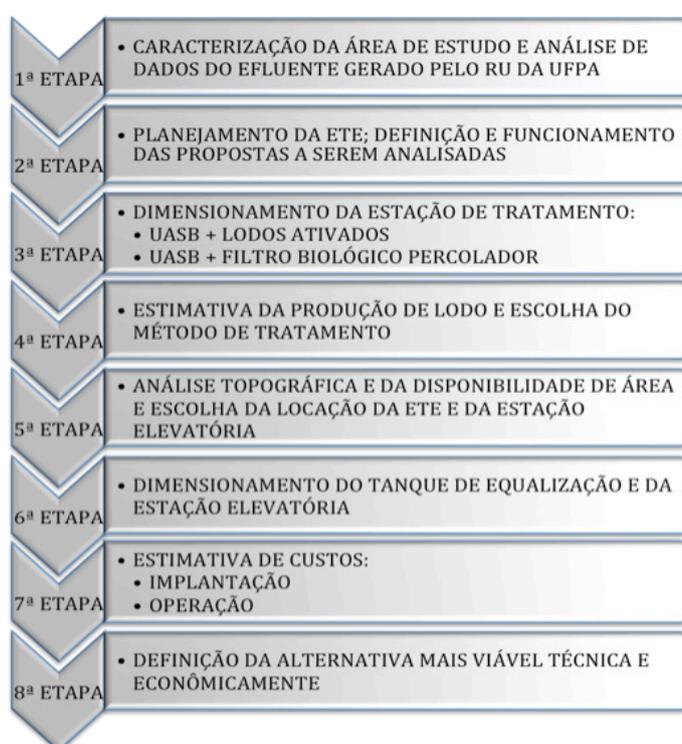


Figura 1: Metodologia do trabalho.

**Localização da área de estudo:** O RU em estudo localiza-se no setor básico da cidade universitária Professor José da Silveira Netto, da Universidade Federal do Pará, campus Belém/PA, no bairro do Guamá, Rua Augusto Corrêa, Nº 1. Possui coordenadas geográficas de longitude e latitude  $48^{\circ}27'29.23''W$  e  $1^{\circ}28'39.90''S$ , respectivamente, e está localizado em um terreno com elevação de aproximadamente 5 metros em relação ao nível do mar, conforme Figura 2.

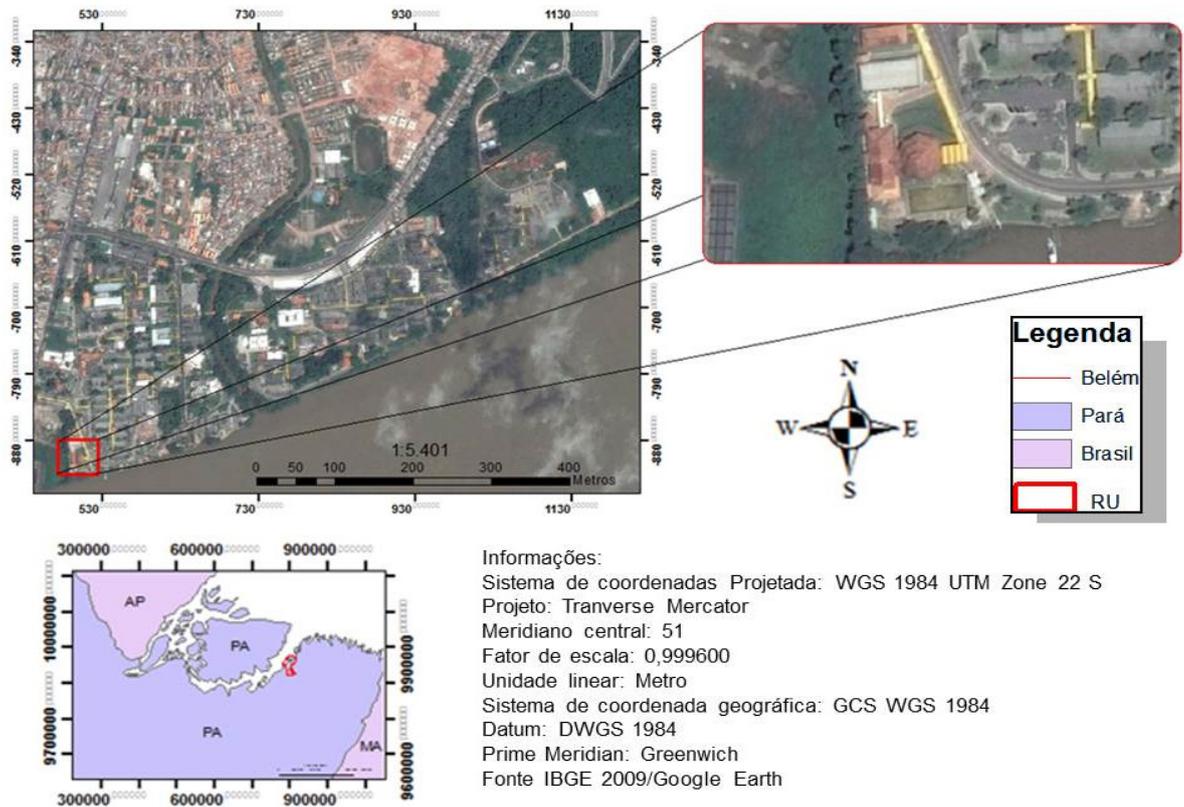


Figura 2: Localização do RU.

Fonte: Google Earth, apud Vasconcelos, 2014.

Atualmente, o RU da UFPA é composto por duas unidades: **RU Setor Básico e RU Setor Profissional**. A unidade do campus básico é a responsável pela produção de alimentos e conta com uma cozinha industrial com capacidade máxima para produção de até **6.000 refeições por dia** (UFPA, 2015).

**Pré-tratamento de efluentes existente:** o RU conta com um sistema de pré-tratamento de efluentes que funciona conforme mostrado na Figura 3:

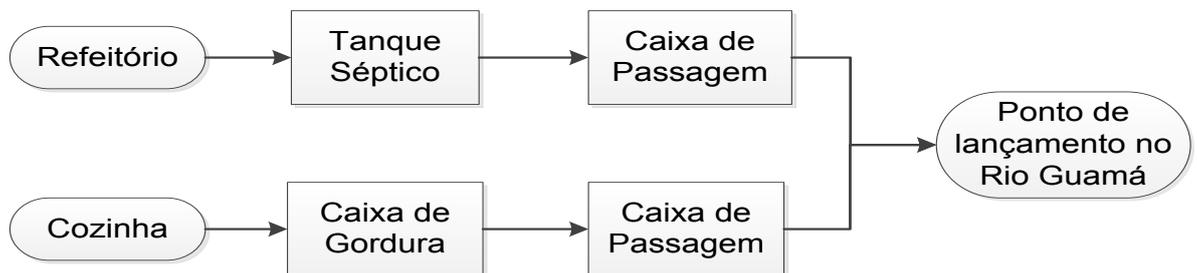


Figura 3: Fluxograma do esgoto gerado no RU.

Fonte: Vasconcelos, 2014.

**Características do efluente do RU da UFPA:** Vasconcelos (2014) e Almeida (2015) analisaram estatisticamente as características qualitativas das águas residuárias produzidas pelo RU da UFPA. Em termos quantitativos, as vazões mínima, média e máxima encontradas foram de **0,47 m<sup>3</sup>/h ; 2,0 m<sup>3</sup>/h e 4,68 m<sup>3</sup>/h**,

respectivamente, para um período de funcionamento de 13 horas diárias (7:00 horas – 20:00 horas) (Almeida, 2015; Vasconcelos, 2014). Quanto aos aspectos qualitativos, na Tabela 1 são apresentadas as características encontradas no efluente do RU da UFPA, bem como os valores típicos de parâmetros encontrados em efluentes sanitários.

VARIÁVEIS	CONCENTRAÇÃO			CARGA POLUIDORA (kg/d)	CONTRIBUIÇÃO PER CAPITA (g/ ref.dia)
	ESGOTO DO RU	ESGOTO SANITÁRIO	UNIDADE		
Temperatura	24	-	°C	-	-
pH	6	-	-	-	-
DQO (Total)	1.298	600	mgDQO/L	39	19
DQO (Filtrada)	732		mgDQO/L	22	11
DBO	908	300	mgDBO/L	28	13
NTK	626	50	mgNTK/L	19	9
N-amoniacoal	9	25	mgN-am /L	0,3	0,1
N-orgânico	617	20	mgN-org /L	19	9
P-total	51	7	mgP-tot/L	2	0,8
ST	2021	1.100	mgST/L	61	30
SST	1637	350	mgSST/L	50	24,14
SSF	368	80	mgSSF/L	11	5,43
SSV	1269	320	mgSSV/L	39	18,71
SDT	384	700	mgSDT/L	12	5,65
SDF	14	400	mgSDF/L	0,4	0,20
SDV	370	300	mgSDV/L	11	5,46
SS	7	15	mLSS/L	197*	95,85**
Óleos e Graxas	0,6		mg/L	0,02	0,01

Tabela 1: Características qualitativas do efluente do RU da UFPA<sup>1</sup>.

\*L/d; \*\*L/ano

Fonte: Adaptado de Vasconcelos, 2014; Almeida, 2015; von Sperling, 2005.

Como pode-se observar, as características do efluente do RU da UFPA diferenciam-se significativamente às das apresentadas por efluentes sanitários, com destaque ao teor de matéria orgânica, em que a concentração de DBO é aproximadamente três vezes maior do que a típica dos esgotos municipais. Justifica-se, dessa forma, a abordagem de seu tratamento como efluente industrial por este trabalho.

**Definição e funcionamento das propostas a serem analisadas:** Após revisão de literatura local e internacional, além de consultas a profissionais especialistas da área de tratamento de efluentes, definiu-se, para o presente estudo, analisar duas propostas de sistema de tratamento. A primeira trata-se de um sistema composto por um **reator UASB seguido de um sistema de Lodos Ativados**; e a segunda, um sistema constituído de um **reator UASB seguido de um Filtro Biológico Percolador**. Devido esses tratamentos serem realizados por mecanismos biológicos, definiu-se que em ambas as propostas os sistemas deveriam operar em **regime contínuo**, 24 horas por dia.

As fases sólida e gasosa presentes no esgoto não constituíram o principal objeto deste estudo e, dessa forma, seus respectivos tratamentos foram aqui abordados de forma simplificada. Para ambas as propostas, optou-se por tratar a fase sólida (lodo) em uma **centrífuga desaguadora** e encaminhar o biogás a um **queimador de gases**.

Devido a fatores como a pequena vazão de efluente a ser tratada e também a requisitos propostos à ETE, como baixo custo de implantação e baixa demanda por área, optou-se por não adicionar um sistema de tratamento reserva, que operasse em caso de interrupção de alguma unidade por motivos de manutenção ou mal funcionamento. Como alternativa, optou-se por utilizar um sistema com “*by-passes*”, onde os fluxos de esgoto e de lodo seriam definidos a partir de aberturas e fechamentos de registros, conforme a necessidade. As disposições das unidades de tratamento e os fluxogramas de esgoto e de lodo propostos para essas duas alternativas são apresentados nas Figuras 4 e 5, respectivamente.

---

<sup>1</sup> *NOTA: Considerando uma vazão média de 30,35 m<sup>3</sup>/dia e para um período de 13 horas de funcionamento.*

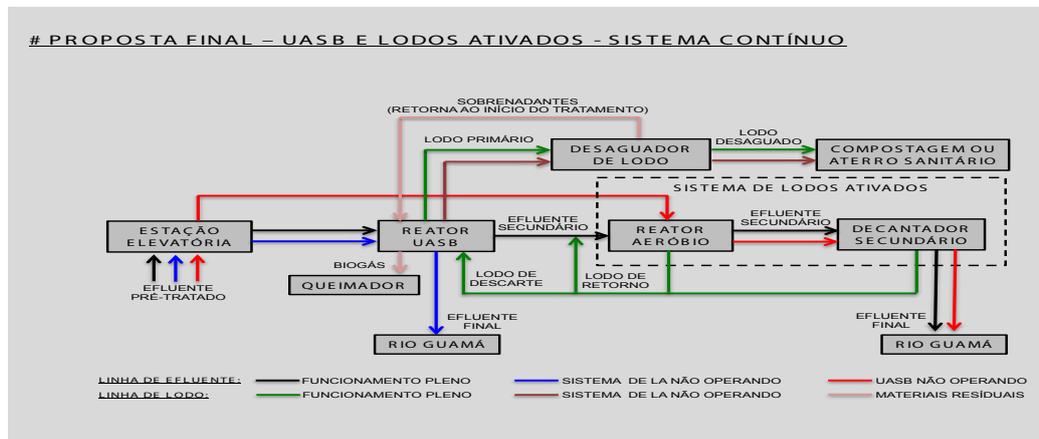


Figura 4: Proposta UASB + Sistema de Lodos Ativados.

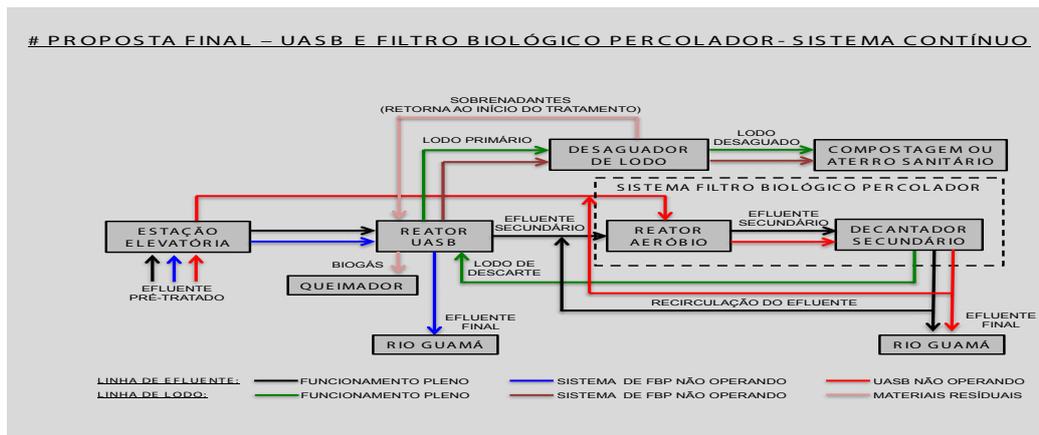


Figura 5: Proposta UASB + Sistema de Filtro Biológico Percolador.

**Dimensionamento das propostas selecionadas:** Para este trabalho, utilizou-se como principais parâmetros de projeto os requisitos estabelecidos pela NBR 12.209 (ABNT, 2011) e, como roteiros de dimensionamento dos respectivos reatores, as seguintes referências de literatura:

- Reator UASB – CHERNICHARO (2007);
- Sistema de Lodos Ativados – VON SPERLING (2002);
- Filtro Biológico Percolador – NOTAS DE AULA;
- Estação Elevatória – TSUTIYA E SOBRINHO (1999).

Além do dimensionamento, estas referências forneceram os parâmetros necessários às estimativas de produção de lodo de ambos os sistemas.

**Localização da ETE e da elevatória:** Nesta análise, os principais fatores considerados foram a topografia local e o impacto de vizinhança que seria causado pela ETE. Dessa forma, foram utilizadas plantas topográficas, mapas, imagens de satélite e do plano diretor da cidade universitária, além de visitas in loco para melhor verificação da topografia e da situação de ocupação do solo nas proximidades do RU da UFPA.

**Estimativa de custos:** Os custos relativos à implantação e à operação das propostas aqui apresentadas foram estimados de forma simplificada, visando apenas uma noção de faixa de valores que cada uma apresentaria nas condições de mercado atuais a fim de compará-las e definir qual a mais viável economicamente. Não representam, portanto, os valores exatos do projeto.

Para a estimativa dos custos de implantação, foram levantados os quantitativos dos principais componentes e dimensões de cada unidade e então solicitados orçamentos para empresas nacionais. A seleção da proposta foi realizada por simples comparação de valores, selecionando-se a que apresentou melhores preços.

Para os custos de operação, por sua vez, considerou-se apenas os principais dispêndios que cada alternativa demandaria: os relativos ao consumo de energia elétrica e ao pagamento dos operadores da ETE. O custo energético foi estimado considerando-se a demanda e o consumo de energia elétrica adotando-se valores de um exemplar de tarifa de energia elétrica da UFPA, campus Belém, referente a novembro de 2015, conforme apresentado na Tabela 2. Já o custo relativo ao pagamento dos operadores da ETE foi estimado por simples consulta junto à Diretoria de Infraestrutura (DINFRA) da prefeitura da universidade. Por fim, todos os valores foram convertidos em dólar utilizando-se a taxa de 2,7398 proposta pelo Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES) referente a abril de 2016.

Tarifa de Consumo	Fora de ponta:	R\$ 0,26789 /kWh	\$ 0,09778 / kWh
	Em hora de ponta:	R\$ 2,06628 /kWh	\$ 0,75417 / kWh
Tarifa de Demanda	Única:	R\$ 18,16286 /kW	\$ 6,62926 / kW

Tabela 2: Tarifas de demanda e consumo de energia elétrica da CELPA.

Fonte: Adaptado de CELPA, 2016; BNDES, 2016.

### 3 | RESULTADOS

As principais dimensões dos reatores e unidades de tratamento são apresentados na Tabela 3.

REATOR / UNIDADE	DIMENSÃO	UNID.	SIST. UASB + LA	SIST. UASB + FBP
Estação Elevatória	Volume	m <sup>3</sup>	31,98	31,98
	Área	m <sup>2</sup>	12,80	12,80
	Altura Útil	m	2,5	2,5
	Lado (quadrado)	m	3,60	3,60
Reator UASB	Volume	m <sup>3</sup>	31,36	31,36
	Área	m <sup>2</sup>	7,84	7,84
	Altura Útil	m	4,00	4,00
	Lado (quadrado)	m	2,80	2,80
Reator Aeróbio	Volume	m <sup>3</sup>	59,94	11,23
	Área	m <sup>2</sup>	17,13	5,61
	Altura Útil	m	3,50	2,00
	Lados / Diâmetro	m	4,10	2,70
Decantador Secundário	Volume	m <sup>3</sup>	10,56	19,71
	Área	m <sup>2</sup>	3,02	5,63
	Altura Útil	m	3,50	3,50
	Diâmetro	m	2,00	2,70

**Tabela 3:** Dimensões das Unidades de Tratamento

As estimativas de desempenho de ambos os sistemas são apresentadas na Tabela 4.

PARÂMETRO	POLUENTE	UNIDADE	SIST. UASB + LA	SIST. UASB + FBP
Eficiência Global de Remoção *	DQO	%	96,0	93,2
	DBO	%	97,7	96,5
	SST	%	97,5	97,5
	NTK	%	91,0	46,0
Concentração de Poluentes no Efluente	DQO	mg/L ou g/m <sup>3</sup>	51,29	88,22
	DBO	mg/L ou g/m <sup>3</sup>	21,29	31,94
	SST	mg/L ou g/m <sup>3</sup>	40,43	40,93
	NTK	mg/L ou g/m <sup>3</sup>	56,32	337,93
Carga Poluidora no Efluente	DQO	Kg DQO/dia	4,33	7,45
	DBO	Kg DBO/dia	1,80	2,70
	SST	Kg SST/dia	3,46	3,46
	NTK	Kg NTK/dia	4,76	28,54
Biogás Produzido	BIOGÁS	m <sup>3</sup> /dia	29,80	29,80
Lodo Produzido	LODO	m <sup>3</sup> /dia	0,61	0,55

**Tabela 4:** Estimativas de Desempenho dos Sistemas.

\*Adaptado de Von Sperling, 2005; Chernicharo, 2007.

Os principais equipamentos utilizados em ambos os sistemas e seus respectivos tempos de funcionamento são apresentados na Tabela 5.

EQUIPAMENTO	QUANT.	POT. (kW)	FUNCIONAMENTO (horas/dia)	
			SIST. UASB + LA	SIST. UASB + FBP
Bomba da Estação Elevatória	01(+1 reserva)	0,37	24,0	24,0

Aerador de Ar Difuso	01(+1 reserva)	7,50	24,0	-
Bomba Recirc. e descarte de Lodo	01(+1 reserva)	0,37	24,0	-
Bomba de Recirculação do Efluente	01(+1 reserva)	0,37	-	24,0
Bomba de Descarte de Lodo	01	0,37	-	1,0
Centrífuga Desaguadora	01	4,00	0,5	0,5
Queimador de Gases	01	-	-	-

**Tabela 5:** Principais Equipamentos e seus Tempos de Funcionamento.

Na Tabela 6, são apresentadas as estimativas de custos de implantação e operação de ambos os sistemas.

TIPO DE CUSTO	DESCRIÇÃO	SIST. UASB + LA	SIST. UASB + FBP
Custos de Implantação*	Peças, equipamentos..	\$ 118.684,58	\$ 75.682,53
Custos de Operação (anual)	Energia Elétrica	\$ 8.242,70	\$ 884,64
	Operadores	\$ 65.698,23	\$ 65.698,23
	Total (operacional)	\$ 73.940,93	\$ 66.582,86

**Tabela 6:** Estimativas de Custos de Implantação e Operação dos Sistemas.

\*Centrífuga e queimador de gases não inclusos.

## 4 | ANÁLISE DOS RESULTADOS

O presente dimensionamento atende aos principais requisitos estabelecidos pela NBR 12.209/2011.

De um modo geral, o volume das unidades do sistema FBP é menor que o do LA, o que representa vantagens em requisitos como demanda por área e custo de

implantação.

De acordo com os valores de eficiência adotados, o líquido final de ambos os sistemas apresentaria características de um efluente de boa qualidade, que atenderia não apenas os requisitos da legislação brasileira, mas também os estabelecidos em países desenvolvidos, como os de membros da União Européia (GRAY, 2004), por exemplo. No entanto, embora estejam em consonância com as faixas de desempenho encontradas nas literaturas pesquisadas, tais resultados são apenas teóricos e representam apenas um valor aproximado dentro de uma faixa de eficiência do que se espera obter com o tratamento.

A produção de lodo excedente estimada nos reatores aeróbios dos sistemas de LA e do FBP é considerada pequena, e produziria uma vazão de lodo de descarte equivalente a 1,00% e 4,10% da vazão de esgoto afluente ao reator UASB, respectivamente. No caso de retorno deste lodo para adensamento e digestão no próprio reator UASB, alternativa adotada neste trabalho, tais valores de vazões representam um impacto hidráulico desprezível ao tratamento, especialmente quando se considera os coeficientes de variação de dia e hora de maior consumo  $K1=1,13$  (13%) e  $K2=1,47$  (47%) do RU (Vasconcelos, 2014; Almeida, 2015). A razão deste pequeno volume de lodo gerado nos reatores aeróbios é atribuída ao fato de a maior parte do substrato e dos sólidos já terem sido removidos anaerobiamente no reator UASB. Estima-se que após digestão no reator UASB, o sistema com lodos ativados produziria aproximadamente 60 litros de lodo por dia a mais do que o sistema com filtro biológico percolador.

Em relação ao consumo de energia elétrica, observa-se que a principal diferença entre as duas propostas está relacionada à energia consumida pelo aerador do sistema de Lodos Ativados, que é um equipamento com potência bastante elevada (7,5 kW) quando comparada às potências dos demais dispositivos de ambos os sistemas. Contudo, essa diferença acaba por ser minimizada devido os custos relativos ao consumo de energia elétrica serem bastante pequenos em relação aos custos demandados para pagamento dos funcionários operadores da ETE (considerados os mesmos para ambas as propostas), fazendo com que os custos operacionais, de um modo geral, apresentem menor diferença entre os dois sistemas.

Em termos econômicos, verifica-se que o sistema UASB + FBP apresentaria valores de implantação e operação relativamente menores que o sistema UASB + LA.

## 5 | CONCLUSÕES

Diante dos estudos realizados e de posse dos resultados obtidos, pôde-se concluir que:

- Do ponto de vista técnico, ambas as propostas atendem aos objetivos de tra-

tamento pré-estabelecidos neste trabalho. Destaca-se que o sistema UASB + LA apresenta maior eficiência em relação ao sistema UASB + FBP, sobretudo no que diz respeito à remoção de nitrogênio orgânico e amoniacal.

- Do ponto de vista econômico, o sistema UASB + FBP apresentou-se mais viável do que o sistema UASB + LA, tanto em relação aos custos de implantação quanto aos custos operacionais.
- Ponderando-se as análises técnica e econômica realizadas, a proposta UASB + FBP foi considerada a mais viável e, portanto, é a alternativa selecionada como principal proposta deste trabalho.
- Apesar da escassez de áreas no setor básico da universidade, existem espaços disponíveis para execução de ambas as alternativas analisadas.
- Os custos operacionais estariam relacionados principalmente ao pagamento de operadores da ETE. O custo relativo ao consumo energético é considerado relativamente pequeno em ambos os sistemas.
- A produção de lodo esperada em ambas as alternativas é considerada pequena, estabilizada e adensada, o que simplifica e barateia seu tratamento uma vez que, após seu descarte do reator UASB, este apenas precisa ser desaguado na centrífuga.
- O efluente do RU apresenta elevado potencial de produção de energia elétrica a partir de seu biogás, inclusive para que a ETE seja energeticamente autossustentável. Tal aproveitamento energético deve ser estudado de forma mais criteriosa e aprofundada a fim de se verificar sua efetiva viabilidade de implantação.

Como recomendação para futuros trabalhos sugere-se a realização de estudos através de projetos em escala de bancada a fim de se verificar a obtenção dos desempenhos estimados neste trabalho.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, H. D. S. Produção de Biocombustível via Craqueamento Térmico-Catalítico de Resíduos Sólidos de Caixas de Gordura com Carbonato de Sódio e Lama Vermelha Ativada Termicamente. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. Belém. 2015.

BERTOLINO, S. M. Caracterização e tratabilidade dos esgotos produzidos pelo Campus da Universidade Federal de Ouro Preto - MG. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, p. 103. 2007. (B546c). Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental.

CELPA. CELPA - Energia para Transformar. Celpa – Centrais Elétricas do Pará, 2016. Disponível em: <<http://www.celpa.com.br/corporativo/para-resolver-agora/duvidas-frequentes>>. Acesso em: 15 Janeiro 2016.

CHERNICHARO, C. A. D. L. Reatores anaeróbios. 2. ed. Belo Horizonte: Imprensa Universitária da UFMG, v. 5, 2007. 380 p.

GRAY, N. F. Biology of Wastewater Treatment. 2. ed. London: Imperial College Press, v. 4, 2004.

METCALF & EDDY, INC. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. 4. ed. New York: Mc Graw Hill, 2003. 1848 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (U.S). Use of Reclaimed Water and Sludge in Food Crop Production. 1. ed. Washington, D.C: National Academic Press, 1996. ISBN 0-309-05479-6.

NEMEROW, N. L. Industrial Waste Treatment: Contemporary Practice and Vision for the Future. Burlington: Elsevier Inc., 2007. ISBN 978-0-12-372493-9.

PEIRCE, J. J.; WEINER, R. F.; VESILIND, P. A. Environmental Pollution and Control. 4th. ed. Woburn: Butterworth-Heinemann, 1998. ISBN 978-0-7506-9899-3.

TAUCHEN, J.; BRANDLI, L. L. A Gestão Ambiental em Instituições de Ensino Superior: Modelo para Implantação em Campus Universitário. GESTÃO & PRODUÇÃO, v. 13, n. 3, p. 503-515, set.-dez. 2006.

TSUTIYA, M. T.; SOBRINHO, P. A. Coleta e transporte de esgoto sanitário. 1º. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999.

UFPA. RU Restaurante Universitário. Portal da UFPA, 18 Setembro 2015. Disponível em: <[http://ru.ufpa.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=5&Itemid=7](http://ru.ufpa.br/index.php?option=com_content&view=article&id=5&Itemid=7)>. Acesso em: 20 Setembro 2015.

VASCONCELOS, Y. B. D. Avaliação do fluxograma de água no restaurante universitário da UFPA: aspectos do consumo de água. Universidade Federal do Pará - UFPA. Belém, p. 89. 2014. (CDD - 22. ed. 371.12).

VON SPERLING, M. Lodos Ativados. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, v. 4, 2002. 428 p. ISBN 8507041-129-4.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Belo Horizonte: Imprensa Universitária da UFMG, v. 1, 2005. 452 p.

WEINER, R. F.; MATTHEWS, R. A. Environmental Engineering. 4th. ed. Burlington: Butterworth-Heinemann, 2003. ISBN 0750672943.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**Alan Mario Zuffo** - Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí – UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal de Lavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência na área de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: alan\_zuffo@hotmail.com

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-252-4

