



**A Interface
Essencial
da Engenharia
de Produção no
Mundo Corporativo 3**

**Cleverson Flôr da Rosa
João Dallamuta
(Organizadores)**

Cleverson Flôr da Rosa
João Dallamuta
(Organizadores)

A Interface Essencial da Engenharia de Produção no Mundo Corporativo 3

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

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

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
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
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.^a Dr.^a 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 Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
l61	<p>A interface essencial da engenharia de produção no mundo corporativo 3 [recurso eletrônico] / Organizadores Cleverson Flôr da Rosa, João Dallamuta. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (A Interface Essencial da Engenharia de Produção no Mundo Corporativo; v. 3)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-457-3 DOI 10.22533/at.ed.573190907</p> <p>1. Administração de produção. 2. Engenharia de produção. 3. Gestão da produção. I. Rosa, Cleverson Flôr da. II. Dallamuta, João. III. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 658.5</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Esta obra, organizada em múltiplos volumes, é composta por pesquisas realizadas por professores de cursos de engenharia e gestão. Optamos por uma abordagem multidisciplinar por acreditarmos que esta é a realidade da pesquisa em nossos dias.

A engenharia de produção é um ramo da engenharia industrial que estuda a tecnologia de processos de produção de natureza industriais, mas que acabam por serem estendidos a outras áreas como serviços e gestão pública. Dada a sua natureza orientada a resolução problemas, a engenharia de produção é fortemente baseada em situações práticas do setor produtivo, característica esta que exploramos nesta obra.

Todos os trabalhos com discussões de resultados e contribuições genuínas em suas áreas de conhecimento. Os organizadores gostariam de agradecer aos autores e editores pelo espírito de parceria e confiança.

Boa leitura

Cleverson Flor da Rosa

João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A EDUCAÇÃO EMPREENDEDORA COMO FORMA DE DESENVOLVIMENTO DO EMPREENDEDOR	
Mário Fernando de Mello Luciano de Los Santos Nunes Daian Augusto Pilan Nunes Henrique Zago Cervo	
DOI 10.22533/at.ed.5731909071	
CAPÍTULO 2	17
A GESTÃO DA INOVAÇÃO NA ERA DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL (INDÚSTRIA 4.0)	
Ricardo Alexandre Diogo Armando Kolbe Junior Neri dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.5731909072	
CAPÍTULO 3	33
A IMPORTÂNCIA DO PCNA NO DESEMPENHO DE GRADUANDOS DE ENGENHARIA QUÍMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ	
Shirley Cristina Cabral Nascimento Laíz Rayanna de Oliveira Gama Edward de Souza Pampolha Júnior Alexandre Guimarães Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.5731909073	
CAPÍTULO 4	45
A PERCEPÇÃO DA QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: DETERMINANTES UTILIZADOS PELOS USUÁRIOS DE HABITAÇÕES UNIFAMILIARES POPULARES	
Marcelo Alexandre Siqueira De Luca Fabiano Barreto Romanel	
DOI 10.22533/at.ed.5731909074	
CAPÍTULO 5	56
A QUALIDADE EM SERVIÇOS A FAVOR DA VANTAGEM COMPETITIVA: PRINCIPAIS DETERMINANTES PARA OS PROCESSOS PRIMÁRIOS DE SERVIÇO (PPS)	
Marcelo Alexandre Siqueira De Luca Fabiano Barreto Romanel	
DOI 10.22533/at.ed.5731909075	
CAPÍTULO 6	69
ANÁLISE DA CORROSÃO SOBRE TENSÃO NO AÇO INOXIDÁVEL AUSTENÍTICO 304	
Edilange Moreira da Costa Claudio Roberto Silva Junior Gustavo Henrique Andrade Sousa José Ribamar Santos Moraes Filho	
DOI 10.22533/at.ed.5731909076	

CAPÍTULO 7	78
ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE A EFICIÊNCIA E EFICÁCIA DO TRANSPORTE COLETIVO DE PASSAGEIROS POR ÔNIBUS NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO	
Aldo Eliades Fernández Pérez Hugo Miguel Varela Repolho	
DOI 10.22533/at.ed.5731909077	
CAPÍTULO 8	92
ANÁLISE DE IMPLEMENTAÇÃO DA NORMA INTERNACIONAL DE SEGURANÇA DE ALIMENTOS FSSC 22000: UMA INOVAÇÃO CULTURAL	
Gustavo Henrique Marques Tanatiana Ferreira Guelbert Marcelo Guelbert	
DOI 10.22533/at.ed.5731909078	
CAPÍTULO 9	104
ANÁLISE DE <i>LAYOUT</i> DOS ALMOXARIFADOS EM UMA ENCARROÇADORA DE ÔNIBUS	
Thales Henrique Kascher Santos Leandro Reis Muniz	
DOI 10.22533/at.ed.5731909079	
CAPÍTULO 10	120
APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE QUALIDADE EM UMA INDÚSTRIA DO RAMO TÊXTIL DO SERTÃO BAIANO	
Nathaly Silva de Santana Rafael de Azevedo Palhares Arthur Arcelino de Brito Alessandro Jackson Teixeira de Lima Mariana Simião Brasil de Oliveira João Marcos Ferreira de Souza Jonhatan Magno Norte da Silva Victor Hugo Arcelino de Brito Diego de Melo Cavalcanti Ozeas Ferreira da Silva Geyne Lohana Gonçalves Bezerra Diego da Silva Lima Jaine da Cruz Silva Débora Justino dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.57319090710	
CAPÍTULO 11	131
APLICAÇÃO DO MAPA DE PROCESSO EM UMA AGROINDÚSTRIA DO SUDOESTE GOIANO PARA MELHORIA DO PROCESSO DE SALSICHAS	
Darlan Marques da Silva Lalesca Silva Santos Ana Maiara Rodrigues Pereira Ana Luiza Soares Nascimento Gabriel Ribeiro dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.57319090711	

CAPÍTULO 12 144

APLICAÇÃO DO *POKA YOKE* PARA MELHORIA DE QUALIDADE NA SEGURANÇA DO TRABALHO:
UMA REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA

Edilange Moreira da Costa
Claudio Roberto Silva Junior
Gustavo Henrique Andrade Sousa
José Ribamar Santos Moraes Filho

DOI 10.22533/at.ed.57319090712

CAPÍTULO 13 154

APLICAÇÃO DO *SOFTWARE* WRc STOAT EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS
RESIDUÁRIAS DE INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS

Karla Yumi Shingo
Rafael Montanhini Soares de Oliveira.
Isabela Bruna de Tavares Machado Bolonhesi
Thiago Augusto de Moraes
Tanatiana Ferreira Guelbert

DOI 10.22533/at.ed.57319090713

CAPÍTULO 14 167

COMPORTAMENTO MECÂNICO DE COMPÓSITOS VERDES DE MATRIZ EPÓXI/POLIÉSTER
REFORÇADOS COM LUFFA CYLINDRICA

Bruno Dorneles de Castro
Claudia Victoria Campos Rubio
Julia Amaral dos Santos
Luciano Machado Gomes Vieira
Juan Carlos Campos Rubio

DOI 10.22533/at.ed.57319090714

CAPÍTULO 15 180

CRIAÇÃO DE UM MAKERSPACE PARA ENGENHEIROS EM FORMAÇÃO: RELAÇÃO CUSTO X
BENEFÍCIO

Lucas Davis Ribeiro de Paula
Danielle Saranh Galdino Duarte Garcia
Raquel Ferreira de Souza

DOI 10.22533/at.ed.57319090715

CAPÍTULO 16 194

DIAGNÓSTICO DA GESTÃO DE ESTOQUES NO ALMOXARIFADO DE UMA INSTITUIÇÃO DE
ENSINO SUPERIOR

Gisleangela Strohschein
Laura Visintainer Lerman
Raquel de Abreu Pereira Uhr
Natália Eloísa Sander

DOI 10.22533/at.ed.57319090716

CAPÍTULO 17 206

ESTUDO DE UM DESSALINIZADOR SOLAR DE ÁGUA VISANDO APLICAÇÕES NA ÁREA DE TECNOLOGIA SOCIAL

Mickael Gomes Viana
Priscylla Ferreira Dos Santos
Isaú de Souza Alves Junior
Simone Aparecida de Lima Scaramussa
Jorge Vieira Dos Santos Junior
Paulo Mário Machado Araujo

DOI 10.22533/at.ed.57319090717

CAPÍTULO 18 215

ANÁLISE QUANTITATIVA DA PERDA DE MASSA POR OXIDAÇÃO EM BARRAS DE AÇO CARBONO CA-50: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA PARA A CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO DA CORROSÃO EM CURSOS DE ENGENHARIA CIVIL/IFS

Francisco Luiz Campos Lopes
Michael Douglas Santos Monteiro
Henrique Carvalho Santos Melo
Luan Martins Siqueira
Francisco Luiz Gumes Lopes

DOI 10.22533/at.ed.57319090718

CAPÍTULO 19 228

INFRAESTRUTURA CRÍTICA (IEC) NA GESTÃO DE RISCOS: PLANEJAMENTO DE ROTAS ALTERNATIVAS DE EVACUAÇÃO EM SITUAÇÃO DE DESASTRES NATURAIS POR INUNDAÇÕES UTILIZANDO O MODELO DE TRÁFEGO MATSim

Estela da Silva Boiani
Magda Camargo Lange Ramos
Graziela Grandó Bresolin
Júlio César Farias Zilli
Luana Barcelos da Silva

DOI 10.22533/at.ed.57319090719

CAPÍTULO 20 242

PROPOSTA DE GERENCIAMENTO VISUAL E METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS QRQC APLICADAS NA LOGÍSTICA: ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

Eduardo Villalba
Alexandre Tadeu Simon
Renan Stenico de Campos

DOI 10.22533/at.ed.57319090720

CAPÍTULO 21 256

UMA ANÁLISE DAS BARREIRAS NA APLICAÇÃO DO LEAN HEALTHCARE EM UM CENTRO DE MATERIAIS E ESTERILIZAÇÃO – CME

Andréia Harter

DOI 10.22533/at.ed.57319090721

CAPÍTULO 22 268

GERENCIAMENTO DE PROJETOS NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS (PDP) APLICADO NA CONSTRUÇÃO DE UMA AERONAVE PARA COMPETIÇÃO DO AERODESIGN

Edilange Moreira da Costa

Claudio Roberto Silva Junior

Gustavo Henrique Andrade Sousa

José Ribamar Santos Moraes Filho

DOI 10.22533/at.ed.57319090722

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 279

APLICAÇÃO DO SOFTWARE WRC STOAT EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS

Karla Yumi Shingo

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Departamento de Engenharia Ambiental –
Londrina - Paraná

Rafael Montanhini Soares de Oliveira.

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Departamento de Engenharia Ambiental –
Londrina - Paraná

Isabela Bruna de Tavares Machado Bolonhesi

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Departamento de Engenharia Ambiental –
Londrina - Paraná

Thiago Augusto de Moraes

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Departamento de Engenharia Ambiental – Campo
Mourão – Paraná

Tanatiana Ferreira Guelbert

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Departamento de Engenharia Ambiental –
Londrina - Paraná

RESUMO: Para melhor controle de sistemas de tratamento de águas residuárias são desenvolvidos vários softwares com a finalidade de modelar estes sistemas. Este trabalho visou a avaliação do comportamento de uma estação de tratamento de águas residuárias localizada no norte do estado do Paraná. Este sistema de tratamento é composto por um tanque de equalização, um flotor, um

reator de lodos ativados e um decantador e foi analisado por meio da aplicação de dois parâmetros do efluente: a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e a Demanda Química de Oxigênio (DQO) no *software* WRC STOAT utilizando os modelos matemáticos ASAL1 e IAWQ#1, respectivamente. Depois das devidas configurações, os valores obtidos foram de 2,45mg/L para DBO sendo o valor real fornecido pela empresa foi de <3mg/L, e 3,84mg/L para DQO, com valor real fornecido pela empresa de <5mg/L. Por meio deste estudo, foi possível aplicar os modelos matemáticos no *software* de forma satisfatória, sem erros no processo e, assim como no sistema real, confirmando o atendimento a legislação CONAMA 430/2011 e CEMA 70/2009. Além disso, verificou-se a possibilidade de variar diversos parâmetros de entrada no software a fim de observar o comportamento dos sistemas de tratamento de águas residuárias.

PALAVRAS – CHAVE: simulação de ETAR, ASAL1, IAWQ #1, lodos ativados, indústria de laticínios.

APPLICATION OF WRC STOAT SOFTWARE IN WASTEWATER TREATMENT PLANT OF DAIRY INDUSTRY

ABSTRACT: For better control of wastewater

treatment plants, several softwares are developed with the purpose of modeling treatment plants. This work aims to evaluate the behavior of a wastewater treatment plant of a dairy industry located in the north of the state of Paraná. This wastewater plant is composed of equalizing tank, a flotation tank, an activated sludge reactor and a settler and will be analyzed by the application of two sewage parameters: Biochemical Oxygen Demand (BOD) and Chemical Oxygen Demand (COD) in the WRc STOAT software using the ASAL1 and IAWQ#1 models, respectively. With the appropriate settings, the values were 2.45mg/L for BOD, with a real value of <3mg/L and 3.84mg/L for COD, with a real value of <5mg/L. By means of this study, it was possible to apply the mathematical models in software in a satisfactory way, without any process error and, as in the real system, confirming compliance with the CONAMA 430/2011 and CEMA 70/2009 legislation. In addition, it was verified the possibility of varying several input parameters in the software in order to observe the behavior of wastewater treatment systems.

KEYWORDS: simulation of WTP, ASAL1, IAWQ #1, activated sludge, dairy industry.

1 | INTRODUÇÃO

O tratamento de águas residuárias consiste na estabilização do material orgânico e transformação das substâncias em moléculas mais simples e com menor teor energético (LEME, 2010).

As estações de tratamento de águas residuárias (ETAR) necessitam do devido controle e monitoramento dos parâmetros de qualidade a fim de tratar os efluentes de maneira satisfatória para atendimento a legislação ambiental, como a CONAMA 430/11, e CEMA 70/2009 no caso de indústrias.

Visto que para as indústrias é imprescindível que haja o planejamento e monitoramento dos efluentes gerados e lançados no meio ambiente, há necessidade de um controle maior dos sistemas de reatores para melhor cobertura de tratamento nas indústrias, maior entendimento e para manter a qualidade do efluente, atendendo aos padrões previstos em legislação, promovendo a operação e construção de estações mais eficientes. A partir dessa demanda iniciaram-se os estudos de modelagem destes processos de tratamento de esgotos.

Os modelos matemáticos utilizados para descrever o tratamento das águas residuárias dessa indústria de laticínios foram o modelo ASAL 1 e o IAWQ #1. Nesse projeto a ETAR foi modelada através dos dados obtidos das análises de rotina do ano de 2017 na própria indústria.

Através desses fatos, avalia-se que a modelagem da ETAR, temática desse estudo, pode ser de grande valia para uma verificação da atual situação operacional do sistema e um critério para tomada de futuras decisões acerca da estação.

Cada resultado obtido pela modelagem deve ser uma representação da realidade do comportamento do sistema em funcionamento para uma determinada situação.

Sendo assim, por meio dos resultados é possível buscar a otimização da operação e a análise do projeto da estação (DEBIASI, 2012).

Dessa forma, este trabalho visou diminuir a carência de métodos de monitoramento por meio da análise do comportamento de um sistema de tratamento composto por um flotador por ar dissolvido, um tanque de aeração e um decantador secundário. Para essa avaliação utilizou-se o modelo ASAL1 para análise da remoção de DBO e o modelo IAWQ #1 para remoção de DQO.

2 | CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A estação de tratamento de efluente industrial a ser estudada se localiza no Norte do estado do Paraná.

O efluente líquido inicial passa por grades a fim de reter resíduos maiores como plásticos e papéis melhorando o desempenho do tratamento e não danificar as próximas unidades de tratamento e depois por um tanque de equalização. O efluente passa então por remoção de sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica por meio de um flotador de ar dissolvido, constituindo tratamento físico químico. Como tratamento biológico, o efluente passa por um tanque de aeração seguido por um decantador (constituindo sistema de lodos ativados por aeração prolongada) e por últimos duas lagoas facultativas em série.

Como o software não dispõe de modelo para tratamento por meio de lagoas, o efluente foi analisado até a saída do decantador. Segundo a empresa as lagoas tem como função principal o resfriamento de águas quentes provenientes das caldeiras do que para tratamento, uma vez que na saída do decantador o efluente já sai satisfatoriamente tratado segundo as normas citadas.

O corpo receptor desse efluente tratado é de classe 2 (LONDRINA, 2015).

A figura 1 apresenta o layout simplificado da estação de tratamento de efluente industrial.

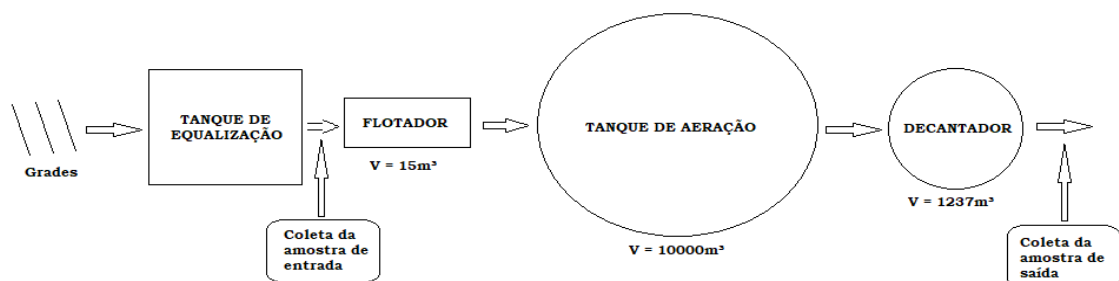


Figura 5 – Layout da Estação de Tratamento e volumes respectivos.

Fonte: Autoria própria.

Dados mais detalhados a respeito do sistema de tratamento são apresentados na tabela 1.

Dados	Valores
Vazão de entrada (m ³ /h)	56,0
DBO de entrada no flotador (mg/L)	1400,0
DBO de saída do flotador (mg/L)	181,00
DQO de entrada do flotador (mg/L)	2630,0
DQO de saída do flotador (mg/L)	273,00

Tabela 1 – Dados vazão e análises de DBO e DQO.

Fonte: A autoria própria.

3 | APLICAÇÃO DE MODELAGEM POR MEIO DO SOFTWARE STOAT

Este estudo seguirá a seguinte metodologia de modelagem da estação de tratamento. Esta estrutura está baseada, principalmente, nas recomendações de Hulsbeek et al. (2002) e Makinia (2009) representada na Figura 3, além de contribuições de outros autores.

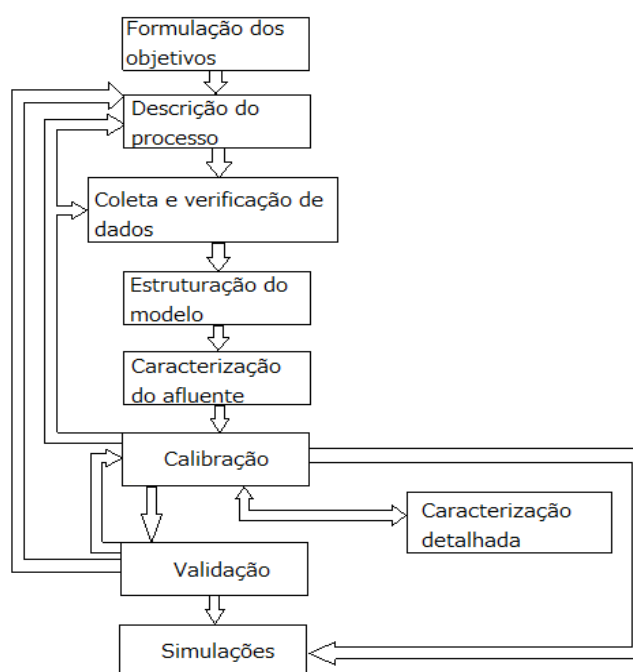


Figura 3 - Estrutura da metodologia de modelagem do sistema de tratamento de efluentes.

Fonte: Adaptado de HULSBEEK et al. (2002).

O modelo matemático utilizado foi calibrado e validado e foram feitas simulações com o objetivo de analisar o comportamento da estação em outros dois cenários de estudo: maior vazão do afluente e aumento de vazão de recirculação para o tanque

de aeração.

Marquot (2007) comenta a importância da consideração de que os resultados obtidos serão resultados de uma modelagem, podendo ser influenciados pelo processo de calibração ou até limitações do software ou de dados.

Os resultados devem ser interpretados cuidadosamente, como uma simples avaliação do sistema e de como o modelo pode produzir e prever informações.

Foram analisadas as seguintes variáveis ao longo do tratamento: demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio e o impacto da variação de vazão no desempenho do tanque de aeração.

4 | CALIBRAÇÃO

Primeiramente criou-se um novo trabalho no software STOAT adicionando-se as estruturas a serem analisadas e interligando-as por meio de *streams*. Foram adicionados então o afluente, o flotador de ar dissolvido (FAD) e sua saída de resíduos, o tanque de aeração e sua saída de lodo, o decantador secundário a saída de lodo e a recirculação de lodo e o efluente. Isso pode ser observado na Figura 4.

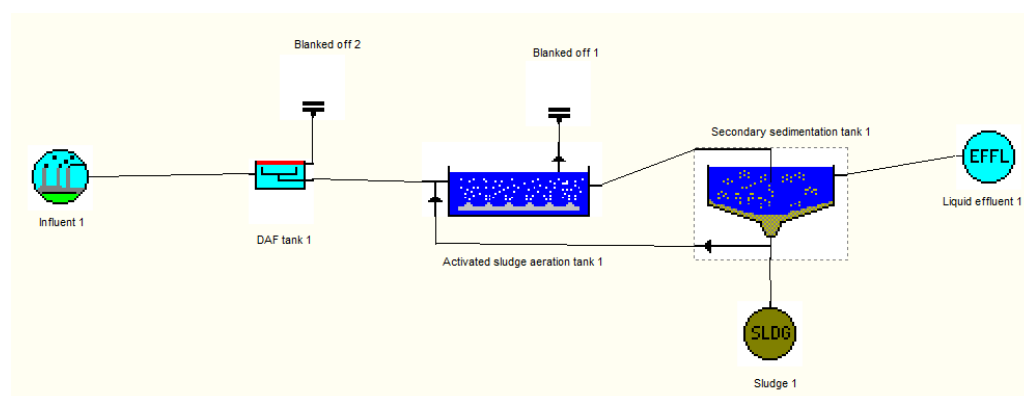


Figura 4 - Esquema virtual do sistema de tratamento.

Fonte: autoria própria.

O próximo passo foi verificar se todas as conexões estavam corretas e informar ao *software* as dimensões dos equipamentos e alguns parâmetros de funcionamento.

O modelo escolhido foi o industrial, sendo este o modelo utilizado na estação, com um volume de 15m³ e profundidade aproximada de 1,5m.

Nas configurações do tanque de aeração devem ser inseridos nome, modelo de processo, volume, número de estágios, números de ciclo de *Mixed Liquor Suspended Solids* (MLSS). Como não há descarte de lodo no sistema, foi selecionada a opção “nenhum” (Figura 9).

O modelo matemático ASAL1, segundo os desenvolvedores do *software*, é o modelo padrão para a modelagem de lodos ativados. Incorpora oxidação, nitrificação

e desnitrificação, mas não considera a solubilização da DBO, assumindo que a DBO é hidrolisada rapidamente. Sendo o modelo mais simples entres os ASAL's, o ASAL1 foi escolhido para análise da DBO.

Terminados os ajustes preliminares, criou-se um *run* ou corrida com 20 dias de duração, que foi o tempo de detenção hidráulico total estimado pela empresa. O restante dos dados foi mantido como padrão do software são mantidos.

Dentro dessa corrida foi configurado o afluente do sistema com os dados fornecidos pela empresa. Primeiro foi realizado o teste para DBO, onde foram adicionados os valores de vazão de entrada e concentração de DBO, deixando outros valores no padrão, como pode ser visto na Figura 5.

Influent pattern [Default]

	Flow (m3/h)	Temperature (deg. C)	Soluble BOD (mg/l)	Particulate BOD (mg/l)	Volatile solids (mg/l)	Non-volatile solids (mg/l)	Ammonia (mg/l)	Nitrates (mg/l)
Mean:	56.000000	15.000000	1400.000000	0.000000	180.000000	60.000000	0.000000	0.000000
Phase (h):	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Amplitude (%):	50.000000	0.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000
Frequency:	0.262161	0.000718	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161

Figura 5 - Criação do Afluente.

Fonte: autoria própria.

Assim, foi criado esse perfil com 480 horas de duração (20 dias). Para o modelo de perfil foi selecionado o senoidal, que permite que seja criada uma curva senoidal repetida de valores, ao longo das horas decorridas, podendo ser alterados fase, amplitude e frequência.

O próximo passo foi configurar cada equipamento dentro da corrida.

As condições iniciais do flotador foram mantidas no padrão do *software*, como indicado pelo manual, já que com tempo suficiente de execução o equilíbrio deve ser atingido.

Quanto a operação do flotador foram adicionados os valores de descarte de material e recirculação, sem nenhuma alteração posterior (Figura 6).

Operation data

		Initial	Change 1	Change 2	Change 3	Change 4
1	Change at time (h):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Desludge rate (% of inflow):	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	Recycle flow (% of full flow):	15.63	0.00	0.00	0.00	0.00

OK Cancel Reset Help

Figura 6 - Operação do flotador.

Fonte: autoria própria.

Como dados de calibração do efluente, o *software* pede o tamanho dos flocos

em microns (μm) e indica ainda uma faixa de 500 a $1000\mu\text{m}$ como sendo típica. Sendo assim utilizou-se a média de $750\mu\text{m}$, sendo a média entre os valores mínimo e máximo propostos pelo *software*.

As configurações de distribuição de fluxo do tanque de aeração foram deixadas no padrão já que são calculados de acordo com o número de estágios do tanque.

Em relação ao reciclo de *MLSS*, foi adicionado o valor de recirculação de $120\text{m}^3/\text{h}$

Diferentemente das condições iniciais do flotador, para melhor calibração do processo, no caso do tanque de aeração foi adicionado a concentração de DBO de entrada no tanque, já que esse dado foi fornecido pela empresa e o restante dos dados foram mantidos no valor padrão.

As condições de calibração do processo e do efluente foram mantidas no padrão do *software*.

Os dados de operação do decantador dependem do descarte de lodo e da recirculação de parte dele para o tanque de aeração.

As condições iniciais, calibração do efluente e do processo foram deixados no padrão.

Nas mesmas condições do sistema foi feito uma simulação com a DQO também, porém utilizando o modelo IAWQ #1 para lodos ativados que, segundo os desenvolvedores do *software* é o modelo de lodos ativados padrão internacional baseado em DQO, sendo recomendado quando a DQO for o dado de entrada para as simulações.

Como pode ser visto na Figura 7, foi criado um novo perfil de afluente com foco na DQO.

Influent pattern [afluente 06out 2]

	Flow (m3/h)	Temperature (deg. C)	Volatile fatty acids (mg COD/l)	Soluble biodegradable COD	Soluble nondegradable COD	Particulate biodegradable COD	Particulate nondegradable COD	Volatile solids (mg/l)	Non-volatile solids (mg/l)
Mean:	56.000000	15.000000	5.000000	2630.000000	0.000000	0.000000	0.000000	180.000000	60.000000
Phase (h):	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Amplitude (%):	50.000000	0.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000
Frequency:	0.262161	0.000718	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161

Close Save Save As Reset Help

Figura 7 - Afluente para simulação de DQO.

Fonte: autoria própria.

As configurações do flotador e do decantador foram as mesmas do teste com DBO. Já as configurações do tanque de aeração foram feitas da mesma forma, porém, especificando a DQO de entrada no tanque de aeração.

Para o terceiro teste, utilizou-se a mesma base do teste para DBO, porém com vazão de $112\text{m}^3/\text{h}$ de entrada e para um quarto teste foi utilizado uma vazão de recirculação de $240\text{m}^3/\text{h}$ ao invés de $120\text{m}^3/\text{h}$.

5 | RESULTADOS OBTIDOS

A análise dos dados, que consistiu em modelar a DBO e a DQO no efluente da indústria de laticínios, resultou em dados bem próximos da realidade como apresentado na Tabela 2.

	Concentração inicial (mg/L)	Concentração final real (mg/L)	Concentração final simulado (mg/L)
DBO	1400	<3	2,45
DQO	2630	<5	3,84

Tabela 2 - Dados Reais x Dados da Simulação.

Fonte: autoria própria.

Considerando valores de 3mg/L e 5mg/L como sendo a pior hipótese, já que o valor real da análise é menor e por isso não foi detectado pelo método utilizado pela empresa, as discrepâncias foram de 0,55mg/L para DBO e de 1,16mg/L para DQO. Significando uma redução de 18% para DBO e 23% para DQO nos valores obtidos pelo *software* em relação a concentração final “real”.

O processo ao longo dos 20 dias pode ser observado na Figura 22, para a DBO e na Figura 23 para a DQO. Pode-se notar um comportamento sinusoidal em ambos, devido ao modelo de entrada do afluente no sistema, que foi configurado como sinusoidal, retratando maior realidade no processo, uma vez que a carga não é constante, dependendo muito dos produtos feitos no momento.

Vale ressaltar que o tempo no final do decantador não é de 20 dias, pois este tempo considera as lagoas ao final do sistema. Portanto, como mostram os gráficos, os valores de DBO e DQO ao final do decantador seria ainda menor.

Nota-se um aumento nas últimas médias de DBO, o que pode ter ocorrido devido ao fato do modelo utilizado não prever descarte de lodo do tanque de aeração, causando acúmulo do mesmo, resultando na queda da redução geral do parâmetro com o passar do tempo.



Figura 22 – Gráfico de concentração de DBO

Fonte: autoria própria.

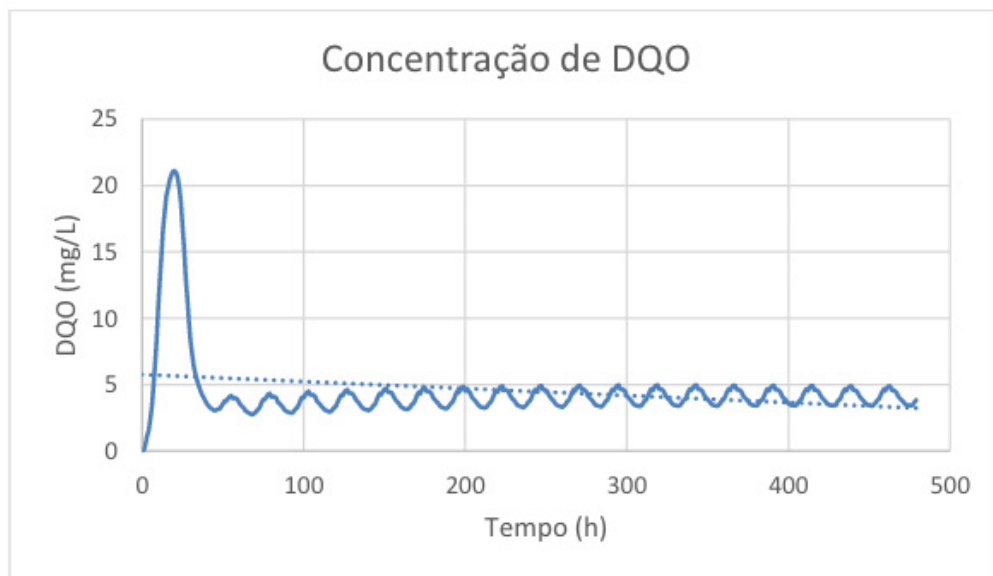


Figura 23 – Gráfico de concentração de DQO

Fonte: autoria própria.

Os picos nos dois gráficos ocorrem porque a primeira simulação considera que o sistema está começando do zero, então o sistema enche primeiro para depois começar o tratamento.

Como os dados obtidos nas simulações foram satisfatórios, não foi necessário calibrar nem adaptar os modelos utilizados. O único parâmetro que precisou de atenção foi a vazão de recirculação de lodo do decantador secundário para o tanque de aeração que, quando testado um valor muito alto, resultava em erro de simulação e o software fechava sem maiores detalhes sobre o erro.

No teste que foi feito dobrando a vazão de entrada, o *software* apresentou a mesma quantidade de DBO final obtida no teste com a vazão real do sistema. Isso pode ter acontecido devido ao volume do tanque de aeração que pode estar superestimado para a vazão atual de efluente produzido pela indústria.

Já no teste com dobro da vazão de recirculação de lodo o STOAT apresentou um erro e fechou quando foi clicado em “ok”. Uma causa provável seria a carga orgânica excessiva inserida no tanque de aeração com relação a seu volume.

Foi verificada melhor eficácia nas simulações quando foram analisados os parâmetros isoladamente, um em cada modelo mais adequado, como DBO no modelo ASAL1 e DQO no modelo IAWQ #1, criando um novo afluente para cada análise ao invés de criar um afluente só com todas as características.

Uma ferramenta útil durante o desenvolvimento do trabalho foi a descoberta da possibilidade de salvamento e envio de simulações de um computador para outro, via e-mail, através da compactação da pasta “database” localizada dentro da pasta de instalação do STOAT.

Neste trabalho foi constatado que a concentração de DBO no final do sistema provavelmente está dentro dos parâmetros estabelecidos pela CONAMA N° 430/2011, sendo o máximo permitido de 120mg/L e pela CEMA 70/2009 com máximo de 50mg/L. Uma vez que o *software* considera apenas a DBO solúvel na simulação, o valor final de DBO também é apenas a DBO solúvel. O valor de 120mg/L que consta nas resoluções do CONAMA e CEMA considera a DBO total, ou seja, DBO solúvel somada a DBO particulada. Porém, sendo o valor final do *software* de 3mg/L, é muito provável que mesmo somando ao valor de DBO particulada, não ultrapasse 120 e 50mg/L, respectivamente.

Foram feitos outros dois trabalhos no Brasil a respeito deste software também pelas condições mais facilitadas de aquisição.

A monografia intitulada “Análise da aplicabilidade do software WRc STOAT em um sistema de tratamento de esgoto”, visou verificar a aplicabilidade do software na análise de um sistema de lodos ativados real e obteve valores próximos no parâmetro DBO, mas alegou a necessidade de mais testes devido a dificuldade na apropriação do software. A simulação para DBO, avaliando apenas o tanque de aeração no *software* resultou em um valor 151,3mg/L menor que o valor do sistema real utilizado como base, sendo o valor do *software* 62,7mg/L e do sistema real, de 214mg/L.

A autora ressalta que foram feitos vários testes anteriores tendo como entrada todos os dados disponíveis a respeito do efluente (DBO solúvel, amônia, sólidos voláteis sedimentáveis e não sedimentáveis, sólidos não-voláteis sedimentáveis e não sedimentáveis) e que isso teria gerado erros não detalhados pelo *software*, por isso foram realizados testes com menos alterações e verificando os equipamentos de forma isolada (Souza, 2016).

Segundo Leite (2016), o *software* se demonstra mais efetivo quando utilizados os valores padrões sem estimar valores, adaptando empiricamente os valores até a calibração.

A dissertação “Aplicação de modelagem dinâmica ASAL1 e ADM1 em estações de tratamento de esgotos por lodo ativado e reatores UASB” de Morais (2018) objetivou testar o modelo ASAL1 para lodos ativados e ADM1 para Upflow Anaerobic Sludge

Blanket (UASB) variando (Tempo de Detenção Hidráulico) TDH, vazão e concentração de poluentes. O sistema de lodos ativados utilizado foi o mesmo do trabalho de Souza (2016) e o sistema UASB estava localizado no município de Andirá-PR em escala real e em operação.

Avaliando apenas a modelagem do sistema de lodos ativados, a fim de comparar o presente estudo, o autor configurou o afluente com dados de vazão, temperatura, pH, DBO, DQO, sólidos voláteis, sólidos não voláteis, amônia e oxigênio dissolvido, deixando os outros parâmetros como padrão. O autor repetiu o valor de DBO no campo DQO e justificou a decisão no fato de que existe outro modelo (IAWQ #1) para análise da DQO.

O valor de DBO total simulado foi de 59mg/L, próximo aos valores médios de 67mg/L resultantes do monitoramento do sistema piloto real. Porém os valores para sólidos suspensos tiveram discrepância de 30mg/L para menos em relação ao sistema real e as concentrações de amônia e nitrato resultaram em valores 15 e 5mg/L acima dos valores reais, respectivamente. O estudo ainda frisou que o *software* possui muitos parâmetros limitados que podem ser avaliados devido aos modelos matemáticos utilizados (MORAIS, 2018).

O artigo “Dynamic simulation of activated sludge based wastewater treatment processes: Case studies with Titagarh Sewage Treatment Plant, India” por Sarkar et al. (2010) objetivou, na sua primeira parte, utilizar o *software* STOAT para simular o tratamento de esgoto real da cidade de Titagarh, na Índia e validar a simulação com os dados reais (temperatura, DQO solúvel e particulada, sólidos voláteis e não voláteis, amônia, nitratos, nitrogênio solúvel e fósforo solúvel) da análise do efluente da estação. O sistema real é formado por um sistema de lodos ativados com um tanque de aeração com dois estágios e um decantador secundário e foi testado com os modelos IAWQ #1 para o tanque de aeração (os modelos ASAL não suportam a modelagem de afluentes com fósforo em sua composição) e o modelo Tacacs para o decantador secundário.

Na segunda parte, os autores sugeriram outros 4 sistemas de tratamentos para o mesmo afluente: por processo Bardenpho, processo Bardenpho modificado com zona aeróbica dividida em 3 partes, um sistema formado pelo processo Bardenpho com pré separação entre uma zona puramente autotrófica a fim de diminuir o aumento posterior de amônia e um último sistema da mesma forma que o anterior, porém, com dois processos Bardenpho em paralelo. Com a simulação dessas 4 hipóteses, os autores encontraram como a melhor alternativa ao tratamento atual, o último teste (SARKAR et al., 2010).

O estudo foi o primeiro a validar o uso do *software* em um local de clima tropical, uma vez que ele foi desenvolvido para o clima do Reino Unido. Com base neste estudo, percebe-se a viabilidade de utilizar o *software* e os modelos citados para o clima subtropical também.

6 | CONCLUSÕES

Com este estudo foi possível verificar a viabilidade da utilização dos modelos ASAL1 e IAWQ #1 na modelagem do sistema de lodos ativados estudado, por meio da obtenção de valores finais dos parâmetros DBO e DQO satisfatórios.

Sugere-se, contudo, para estudos brasileiros, a análise de sistemas de lodos ativados com mais parâmetros a fim de observar a interação entre eles e verificar a eficácia do *software* nesse contexto, além de estudar os modelos a fundo de forma a utilizar com propriedade os parâmetros pedidos pelo *software*.

REFERÊNCIAS

BRASIL, **Resolução CONAMA nº430**, de 13 de maio de 2011. Condições e padrões de lançamentos de efluentes. Publicado no D.O.U.

BRIÃO, V. B. **Estudo de Prevenção à Poluição de Resíduos Líquidos em uma Indústria de Laticínios**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá/PR, 2000.

CETESB. **Guia Técnico Ambiental de Produtos Lácteos** – Série P + L. 2006.

DEBIASI, Ronaldo. **Aplicação do Modelo ASM1 em uma ETE de Lodos Ativados**. 2012. 113 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

GERNAEY K. V., LOOSDRECHT M. C. M., HENZE M., LIND M., JØRGENSEN S. B. **Activated sludge wastewater treatment plant modelling and simulation: state of the art** Environmental Modelling & Software, v.19, 763–783, 2004.

HULSBEEK, J.J.W., KRUIT, J., ROELEVELD, P.J., VAN LOOSDRECHT, M.C.M. A practical protocol for dynamic modelling of activated sludge systems. **Water Science Technology**, v.45, n. 6,127–136, 2002.

Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná – ITCG. **Clima – Estado do Paraná**. Disponível em: <www.itcg.pr.gov.br/arquivos/File/Produtos_DGEO/Mapas_ITCG/PDF/Mapa_Climas_A3.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2017.

IWA PUBLISHING. **Activated Sludge Process**. Disponível em: <<https://www.iwapublishing.com/news/activated-sludge-process>>. Acesso em: 21 set 2018.

LACERDA, R. S., MARQUES, S.F.S, BRANDÃO, C.C.S. (1998). **A influência do pH de coagulação e do tempo de floculação na flotação por ar dissolvido de águas de baixa turbidez e com presença de algas**. 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.

LEITE, Laís Daleffe. **Simulação de um Sistema de Tratamento de Águas Residuais de Lamas Ativadas**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental). Escola Superior Agrária – Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2016

LEME, Edson José de Arruda. **Manual prático de tratamento de águas residuárias**. São Carlos: EdUFSCar, 2010.

LONDRINA. Prefeitura Municipal. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Londrina – PR**. Renovação do PMSB – 2015.

MAGANHA, M. F. B. **Guia Técnico Ambiental da Indústria de Produtos Lácteos**. São Paulo. CETESB, 2006; p. 95. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 10 set. 2018.

MAKINIA, J. **Mathematical Modelling and Computer Simulation of Activated Sludge Systems**. IWA Publishing, London, UK, 2009, 387 p.

MARQUOT A. **Modelling nitrogen removal by activated sludge on fullscale plants: Calibration and evaluation of ASM1**. 2006. 307p. Tese (Doutrado em Ciências Exatas e suas Aplicações - Cemagref de Bordeaux REBX – UPPA).

MORAIS, Thiago A. **Aplicação de modelagem dinâmica ASAL1 e ADM1 em estações de tratamento de esgotos por lodo ativado e reatores UASB**. 2018. 107 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Inovações Tecnológicas) – Programa de Pós-Graduação em Inovações Tecnológicas, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2018.

PARANÁ, **Resolução CEMA nº70**, de 11 de agosto de 2009. Dispõe sobre o licenciamento ambiental, estabelece condições e critérios e dá outras providências, para Empreendimentos Industriais.

SARKAR, Ujjaini; DASGUPTA, Dwaipayan; BHATTACHARYA, Trina; PAL Sandip; CHAKROBORTY, Tamaghna. Dynamic simulation of activated sludge based wastewater treatment processes: Case studies with Titagarh Sewage Treatment Plant, India. **Desalination**. v. 252, p. 120-126, 2010.

SILVA, D. J. P., **Resíduos na Indústria de Laticínios**. Universidade Federal de Viçosa: Departamento de Tecnologia de Alimentos, 20 p. Viçosa, Minas Gerais, 2011.

SOUZA, Thais Padilha de. **Análise da aplicabilidade do software WRc STOAT em um sistema de tratamento de esgoto**. 2016. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2016.

Stokes, A. J.; Forster, C. F.; West, j. R. e Davies, W. J. Stoa and the Oxygen Requirements of an Activated Sludge Plant, **Environmental Technology**, 1223-1231, 2010.

VON SPERLING, Marcos von. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-457-3

