



Helenton Carlos Da Silva
(Organizador)

Demandas Essenciais para o Avanço da Engenharia Sanitária e Ambiental 4

Atena
Editora

Ano 2020



Helenton Carlos Da Silva
(Organizador)

Demandas Essenciais para o Avanço da Engenharia Sanitária e Ambiental 4

Atena
Editora

Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Geraldo Alves

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 Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – 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 Internazionale 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. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
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 Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
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 Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
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
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
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
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
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

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
 Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
 Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
 Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
 Prof^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
 Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
 Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof^a Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Prof^a Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
 Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Prof^a Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

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

D371 Demandas essenciais para o avanço da engenharia sanitária e ambiental 4 [recurso eletrônico] / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020.

Formato: PDF
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
 Modo de acesso: World Wide Web
 Inclui bibliografia
 ISBN 978-85-7247-952-3
 DOI 10.22533/at.ed.523202101

1. Engenharia ambiental. 2. Engenharia sanitária. I. Silva, Helenton Carlos da.

CDD 628.362

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

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

APRESENTAÇÃO

A obra “*Demandas Essenciais para o Avanço da Engenharia Sanitária e Ambiental*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu III volume, apresenta, em seus 29 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da importância da engenharia sanitária e ambiental, tendo como base suas demandas essenciais interfaces ao avanço do conhecimento.

Os serviços inerentes ao saneamento são essenciais para a promoção da saúde pública, desta forma, a disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequadas constitui fator de prevenção de doenças, onde a água em quantidade insuficiente ou qualidade imprópria para consumo humano poderá ser causadora de doenças; observa-se ainda o mesmo quanto à inexistência e pouca efetividade dos serviços de esgotamento sanitário, limpeza pública e manejo de resíduos sólidos e de drenagem urbana.

Destaca-se ainda que entre os muitos usuários da água, há um setor que apresenta a maior interação e interface com o de recursos hídricos, sendo ele o setor de saneamento.

O plano de saneamento básico é o instrumento indispensável da política pública de saneamento e obrigatório para a contratação ou concessão desses serviços. A política e o plano devem ser elaborados pelos municípios individualmente ou organizados em consórcio, e essa responsabilidade não pode ser delegada. O Plano deve expressar o compromisso coletivo da sociedade em relação à forma de construir o saneamento. Deve partir da análise da realidade e traçar os objetivos e estratégias para transformá-la positivamente e, assim, definir como cada segmento irá se comportar para atingir as metas traçadas.

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

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

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados a estas diversas demandas essenciais do conhecimento da engenharia sanitária e ambiental. A importância dos estudos dessa vertente é notada no cerne da produção do

conhecimento, tendo em vista o volume de artigos publicados. Nota-se também uma preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento.

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

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

Helenton Carlos da Silva

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ALGORITMO DE BUSCA EXAUSTIVA PARALELA EM PROBLEMAS DE OTIMIZAÇÃO EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	
Artemisa Fontinele Frota Luís Henrique Magalhães Costa Rafael Pereira Maciel Marco Aurélio Holanda De Castro	
DOI 10.22533/at.ed.5232021011	
CAPÍTULO 2	25
POÇO ARTESIANO; AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA QUE ABASTECE A ZONA RURAL NO MUNICÍPIO DE CALÇADO-PE	
Angela Maria Coêlho de Andrade Caio Cesário de Andrade	
DOI 10.22533/at.ed.5232021012	
CAPÍTULO 3	38
AVALIAÇÃO DE DIGESTOR ANAERÓBIO PARA OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL E VIABILIZAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO BIOGÁS NA GERAÇÃO DE ENERGIA	
Felipe R. A. dos Santos Clément Van Vlierberghe Guilherme F. Campos	
DOI 10.22533/at.ed.5232021013	
CAPÍTULO 4	52
AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE BOVINOCULTURA, SUINOCULTURA E LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE MILHO (<i>Zea mays</i> L.)	
Rhégia Brandão da Silva Leonardo Duarte Batista da Silva Alexandre Lioi Nascentes Antonio Carlos Faria de Melo Dinara Grasiela Alves Everaldo Zonta João Paulo Francisco Marcos Filgueiras Jorge	
DOI 10.22533/at.ed.5232021014	
CAPÍTULO 5	76
DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÃO WEB APLICADA À HIDRÁULICA DE CANAIS	
Lenise Farias Martins Rafael Pereira Maciel Luis Henrique Magalhães Costa	
DOI 10.22533/at.ed.5232021015	

CAPÍTULO 6 86

ESTUDO EXPERIMENTAL E MODELAGEM MATEMÁTICA DE UM REATOR ANAERÓBIO HORIZONTAL DE LEITO FIXO (RAHLF) PARA TRATAMENTO BIOLÓGICO DE EFLUENTE SINTÉTICO CONTENDO D-LIMONENO

Arnaldo Sarti
Bruna Sampaio de Mello
Brenda Clara Gomes Rodrigues
Maria Angélica Martins Costa
Samuel Conceição de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.5232021016

CAPÍTULO 7 98

ESTIMATIVA DE REDUÇÃO DE PERDAS ATRAVÉS DO CONTROLE DE PRESSÃO – MODELO HIDRÁULICO DO SISTEMA MORROS DA ZONA NORTE DO RECIFE-PE

Marcos Henrique Vieira de Mendonça
Hudson Tiago dos S. Pedroso

DOI 10.22533/at.ed.5232021017

CAPÍTULO 8 111

ESTUDO DA VULNERABILIDADE DA ÁGUA SUBTERÂNEA NO DISTRITO INDUSTRIAL DE ICOARACI (BELÉM-PA)

Ana Carla Leite Carvalho
Leonardo Augusto Lobato Bello
Ronaldo Lopes Rodrigues Mendes
Marco Valério Albuquerque Vinagre

DOI 10.22533/at.ed.5232021018

CAPÍTULO 9 122

ESTUDO DE ÁREA DE RISCO DEVIDO À EROÇÃO HÍDRICA EM TRECHO DO CÓRREGO AFONSO XIII EM TUPÃ / SP – CAUSAS E SOLUÇÃO

José Roberto Rasi
Roberto Bernardo
Cristiane Hengler Corrêa Bernardo

DOI 10.22533/at.ed.5232021019

CAPÍTULO 10 136

FATORES DETERMINANTES PARA GESTÃO DA MANUTENÇÃO ELETROMECÂNICA EFICAZ EM UMA EMPRESA DE SANEAMENTO

Karlos Eduardo Arcanjo da Cruz
Tiago Pontual Waked
Bruno Roberto Gouveia Carneiro da Cunha

DOI 10.22533/at.ed.52320210110

CAPÍTULO 11 145

FISCALIZAÇÃO TÉCNICO-OPERACIONAL REMOTA DA PRESTAÇÃO DE SERVIÇO DE ÁGUA E ESGOTO – DO PLANEJAMENTO A EXECUÇÃO

Flávia Oliveira Della Santina
Rodolfo Gustavo Ferreras

DOI 10.22533/at.ed.52320210111

CAPÍTULO 12	161
GESTÃO E CONSERVAÇÃO DE ÁGUA: ALTERNATIVAS PARA MELHORAR O ATENDIMENTO DAS DEMANDAS HÍDRICAS DO CENTRO DE CONVENÇÕES DE PERNAMBUCO	
Amanda Almeida de Oliveira Figueiredo Simone Rosa da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.52320210112	
CAPÍTULO 13	180
APLICAÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS EM HIDROMETRIA COM BASE EM ESTUDOS DE VIABILIDADE ECONÔMICO FINANCEIRO	
Luiz Claudio Drumond	
DOI 10.22533/at.ed.52320210113	
CAPÍTULO 14	190
METODOLOGIA DE LEVANTAMENTO DE DADOS DE PROJETO DE SANEAMENTO APLICADA AO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA REGIÃO DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE BRASÍLIA PRESIDENTE JUSCELINO KUBITSCHKE UTILIZANDO O SOFTWARE EPANET	
Stefan Igreja Mühlhofer Carolina Silva de Oliveira Sá Teles	
DOI 10.22533/at.ed.52320210114	
CAPÍTULO 15	204
VISITAS DOMICILIARES JUNTO À POPULAÇÃO BENEFICIÁRIA DE OBRAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA – UMA ABORDAGEM SOCIOAMBIENTAL EM CAICÓ – RN	
Julyenne Kerolainy Leite Lima Marília Adelino da Silva Lima Teonia Casado da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.52320210115	
CAPÍTULO 16	212
OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL DE RESERVATÓRIO NA BUSCA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (RESERVATÓRIO DE JORDÃO DE 90.000 M ³ , SISTEMA PIRAPAMA-PE)	
Hudson Tiago dos S. Pedrosa	
DOI 10.22533/at.ed.52320210116	
CAPÍTULO 17	228
PERSPECTIVA DOS 20 ANOS DA LEI N°9.433/97: PERCEPÇÕES DOS COMITÊS DE BACIA HIDROGRÁFICA E DOS ÓRGÃOS GESTORES DE RECURSOS HÍDRICOS ACERCA DO ENQUADRAMENTO DE CORPOS D'ÁGUA	
Paulo Eduardo Aragon Marçal Ribeiro Mônica de Aquino Galeano Massera da Hora	
DOI 10.22533/at.ed.52320210117	

CAPÍTULO 18	238
PRÉ-DIAGNÓSTICO DAS EFICIÊNCIAS ELETROMECÂNICAS E HIDROENERGÉTICAS DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA A PARTIR DO CONSUMO ENERGÉTICO NORMALIZADO	
Luis Henrique Pereira da Silva Karlos Eduardo Arcanjo da Cruz Leonardo Nascimento de Oliveira Milton Tavares de Melo Neto Hudson Tiago dos Santos Pedrosa	
DOI 10.22533/at.ed.52320210118	
CAPÍTULO 19	247
PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE REUSO DE ÁGUA EM SISTEMAS RESFRIAMENTO	
Ewerton Emmanuel da Silva Calixto Fernando Luiz Pellegrini Pessoa Lidia Yokoyama Sérgio Pagnin Andréa Azevedo Veiga	
DOI 10.22533/at.ed.52320210119	
CAPÍTULO 20	260
PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA LAGOA DA GAROPABA DO SUL/SC COM VISTAS A EFETIVA EXECUÇÃO DOS INVESTIMENTOS DO CONTRATO DE CONCESSÃO EM SANEAMENTO	
Ricardo Martins Anderson Sandrini Botega Eduardo Silvano Batista Gislaine Lonardi Katia Viviane Motta Martins	
DOI 10.22533/at.ed.52320210120	
CAPÍTULO 21	274
PROJETO DE AÇÃO SOCIAL ALIADO A EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA ESCOLA E SEUS EFEITOS NA COMUNIDADE	
Manuella Andrade Swierczynski	
DOI 10.22533/at.ed.52320210121	
CAPÍTULO 22	293
PROJETO DE EFICIÊNCIA HÍDRICA: REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA DESCARTADA POR DESTILADORES	
Roberto Santos de Oliveira Julio Cesar Oliveira Antunes Lucas Olive Pinho Silva Gomes	
DOI 10.22533/at.ed.52320210122	
CAPÍTULO 23	305
PROJETO DE INFRAESTRUTURA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO DESENVOLVIDO ATRAVÉS DA FILOSOFIA BIM	
Marcos André Capitulino de Barros Filho Pedro Henrique Matias Dantas	

Lucas Vieira Fernandes
Aldrin Magno Dantas Siqueira Júnior
DOI 10.22533/at.ed.52320210123

CAPÍTULO 24 318

QUALIDADE DA ÁGUA DOS POÇOS DO BAIRRO JARDIM CABANO DA VILA DOS CABANOS, MUNICÍPIO DE BARCARENA-PA

Claudio Farias de Almeida Junior
Ronaldo Pimentel Ribeiro
Mirian Favacho da Silva Ramos
Amanda Ingrid da Silva Therezo
Márcia de Almeida
Marcos Antônio Barros dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.52320210124

CAPÍTULO 25 327

RECUPERAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM POÇOS TUBULARES PROFUNDOS: O CASO DE VALE DO CATIMBAU

Karlos Eduardo Arcanjo da Cruz
Paulo César Nunes Pinho
José Antônio Charão Cunha
Luis Henrique Pereira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.52320210125

CAPÍTULO 26 338

RESPONSABILIDADE SOCIAL E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. AÇÕES QUE FIZERAM A DIFERENÇA NA COMPANHIA DOCAS DO PARÁ/PORTO DE SANTARÉM – PARÁ – AMAZÔNIA

Cristiane da Costa Gonçalves de Andrade
Andrelle Soares Dantas Faria
Paula Danielly Belmont Coelho

DOI 10.22533/at.ed.52320210126

CAPÍTULO 27 349

SANEAMENTO DE QUALIDADE É CONSTRUÍDO COM FOCO EM GESTÃO: A EXPERIÊNCIA DA EMBASA – UNIDADE REGIONAL DE ITABERABA COM A IMPLANTAÇÃO DO MEG

Sebastiana Flávia Lima dos Santos
Gustavo Lima Magalhães Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.52320210127

CAPÍTULO 28 360

TOXICOLOGIA AGUDA DE *Rhamdia quelen* EXPOSTOS A XENOBIÓTICOS UTILIZADOS EM LAVOURAS ARROZEIRAS

Jaqueline Ineu Golombieski
Débora Seben
Joseânia Salbego
Elisia Gomes da Silva

DOI 10.22533/at.ed.52320210128

CAPÍTULO 29	370
--------------------------	------------

TRATAMENTO NATURAL DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE PISCICULTURA COM USO DE SEMENTE DE MORINGA OLEIFERA

Edilaine Regina Pereira
Maik Mauro Alves
Bruna Ricci Bicudo
Dandley Vizibelli
Fellipe Jhordã Ladeia Janz

DOI 10.22533/at.ed.52320210129

SOBRE O ORGANIZADOR	383
----------------------------------	------------

ÍNDICE REMISSIVO	384
-------------------------------	------------

PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE REUSO DE ÁGUA EM SISTEMAS RESFRIAMENTO

Data de aceite: 09/01/2020

Ewerton Emmanuel da Silva Calixto

Centro Universitário SENAI CIMATEC
Salvador/Ba

Fernando Luiz Pellegrini Pessoa

Centro Universitário SENAI CIMATEC
Salvador/Ba

Lidia Yokoyama

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola
de Química
Rio de Janeiro/RJ

Sérgio Pagnin

PETROBRAS PETRÓLEO S.A./Centro de
Pesquisas Leopoldo A. de Mello
Rio de Janeiro/RJ

Andréa Azevedo Veiga

PETROBRAS PETRÓLEO S.A./Centro de
Pesquisas Leopoldo A. de Mello
Rio de Janeiro/RJ

RESUMO: As refinarias de petróleo utilizam grandes quantidades de água em diversas atividades, sendo que cerca de 50% desta precisa ser refrigerada em torres de resfriamento. O desempenho destas torres pode ser avaliado mediante a simulação do comportamento dos processos de tratamento, tanto na fase de dimensionamento quanto na operação. Os padrões dos parâmetros ambientais a serem

alcançados na saída destes processos podem ser obtidos com o menor consumo energético e com aquelas operações que representem o menor custo operacional total. Para tal, torna-se necessário o uso de uma metodologia conhecida como síntese de processos. Com o uso desta técnica é possível gerar cenários de fluxogramas de processo otimizados, seja via critério financeiro, energético, de eficiência, interações entre eles etc. Este estudo visa a implementação de um sistema computacional que contemple a simulação e a síntese dos processos de tratamento de efluentes, visando principalmente, o reúso, em sistemas de resfriamento de refinarias de petróleo. A implementação da metodologia da simulação e síntese do processo, ferramenta computacional desenvolvida nesta pesquisa, visa beneficiar diretamente o setor de petróleo, gás natural e biocombustíveis, contribuindo para a otimização das rotas de tratamento ao indicar o melhor processo/tecnologia a ser implementado na planta com, por exemplo, um menor custo global de CAPEX e/ou OPEX, minimização do consumo de água e menor consumo energético. Os resultados obtidos mediante aplicação da mesma em exemplos reais, demonstram a simplicidade de uso e, ao mesmo tempo, a robustez do programa.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de Efluentes, Simulação de Equipamentos para Tratamento,

PROCEDURE FOR EVALUATE REUSE ALTERNATIVES IN COOLING WATER SYSTEMS

ABSTRACT: Oil refineries use large amounts of water for a variety of activities, where about 50% of it needs to be cooled in cooling towers. The performance of these towers can be evaluated by simulating the behavior of the treatment processes, both in the design and operation phase. The standards of the environmental parameters to be achieved downstream these processes can be obtained with the lowest energy consumption and those operations that represent the lowest total operating cost. This requires the use of a methodology known as process synthesis. Using this technique, it is possible to generate optimized process flowsheet scenarios, whether via financial, energy, efficiency, interactions between them, etc. This study aims to implement a computational system that contemplates the simulation and synthesis of wastewater treatment processes, mainly aiming at reuse in cooling systems of oil refineries. The implementation of the process simulation and synthesis methodology, a computational tool developed in this research, aims to directly benefit the oil, natural gas and biofuels sector, contributing to the optimization of treatment routes by indicating the best process / technology to be implemented in the plant with, for example, lower overall cost of CAPEX and / or OPEX, minimization of water consumption and lower energy consumption. The results obtained by applying it to real examples demonstrate the simplicity of use and, at the same time, robustness of the program.

1 | INTRODUÇÃO

Além dos processos de produção dos derivados, refinarias necessitam também de processos auxiliares que supram as necessidades de seus processos produtivos, fornecendo insumos (água, vapor, energia elétrica, hidrogênio etc.) e/ou reduzindo seus impactos ambientais. Dentre tais insumos, a água tem seu destaque, na medida em que os sistemas de resfriamento das refinarias são responsáveis pela demanda de 40% a 50% (percentual considerável) total de água consumida.

Neste cenário, as torres de resfriamento possuem a maior relevância. Em geral, funcionam em sistemas semiabertos, ou seja, sistemas abertos com recirculação de água. Tal funcionamento acarreta perdas por evaporação, respingos, operação de drenagem (*blowdown* ou purga) para controle de concentração dos sólidos dissolvidos, entre outros. Estas perdas são compensadas com adição de água “tratada”, chamada de água de reposição, com menores teores de sais dissolvidos. Além disso, produtos químicos inibidores de corrosão e incrustação são adicionados ao sistema, e a água de reposição (*make-up*) deve apresentar teores baixos de salinidade, material orgânico, sólidos suspensos e microrganismos (TROVATI, 2004).

Outrora, a água de *make-up* ou reposição era oriunda de águas captadas de rios, pós clarificação, refletindo em custos de outorga de uso da água e do tratamento para clarificação da mesma. O panorama atual e sustentável é voltado para o reúso do efluente industrial tratado. Além disso, o funcionamento de um sistema de resfriamento é bastante complexo, envolvendo desde o controle de aditivos químicos até a minimização da evaporação e o equilíbrio de concentrações de sais na água, demandando projetos com maior eficiência de troca térmica e menor perda de vapor d'água. Tais parâmetros podem ser ajustados mediante a otimização do sistema de resfriamento. Tal otimização é realizada sob o ponto de vista de redução total dos custos, a partir da avaliação das correntes de purga e *make-up*, do ciclo de concentração e da adição dos produtos químicos inibidores de corrosão e incrustação. Esta torna-se vantajosa, na medida em que reduz o custo total do processo, o consumo de água, de energia etc.

As refinarias de petróleo utilizam grandes quantidades de água em diversas atividades, desde os processos de destilação primária até os tratamentos finais (MARIANO, 2001), sendo exemplos de consumidores as unidades de processos, os sistemas de geração de vapor, e as torres de resfriamento. Logo, uma das principais finalidades da água nas plantas de refino é o resfriamento das correntes de processo, o qual deve ser reduzido ou removido (VANELLI, 2004).

As perdas por evaporação, em função da troca térmica realizada nas torres de resfriamento, são as principais responsáveis pela necessidade de reposição do sistema. Porém, as limitações legais na captação de fontes primárias de água tornam a opção do reúso de efluentes como opção a ser avaliada. Há, contudo, necessidade de avaliação dos impactos do reúso de efluentes tratados ou não na integridade da planta industrial.

Por outro lado, nos processos de tratamento de águas residuais objetiva-se a redução dos contaminantes de acordo com a regulamentação legais ambientais para descarte, ou para cumprir os requisitos de qualidade de água para fins de reutilização em processos industriais (Figura 1).

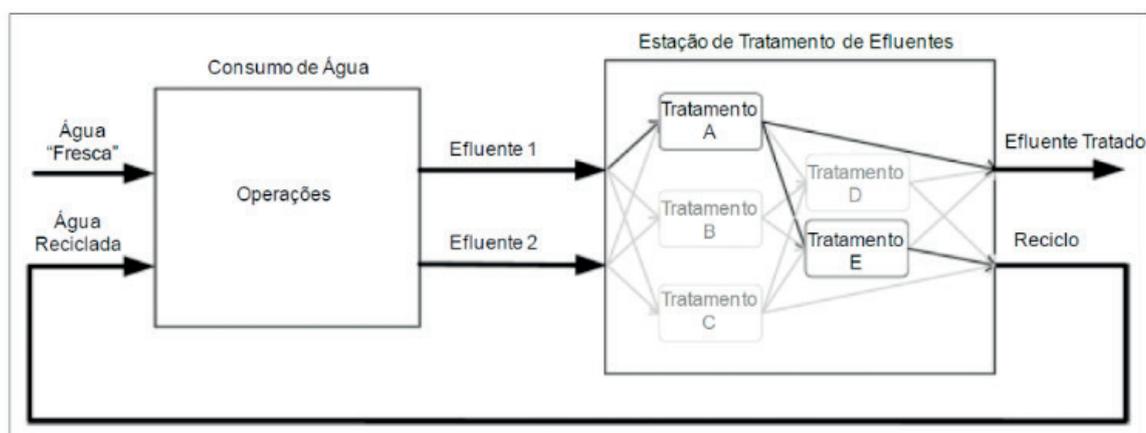


Figura 1 - Esquema de projeto de otimização de estação de tratamento de efluentes (QUAGLIA et al., 2013).

Neste sentido, este trabalho apresenta um sistema especialista como ferramenta auxiliar seleção, composição e tratamento de água de reposição. A geração automática de fluxogramas com um menor custo total e a possibilidade de simular um processo já existente são alguns dos benefícios que o procedimento e a ferramenta aqui apresentados podem oferecer.

2 | OBJETIVOS

Este trabalho consistiu no desenvolvimento de um sistema especialista para a avaliação e simulação das fontes de água para reposição em sistemas de resfriamento, com capacidade de simular correntes hídricas (únicas ou misturas) ou prever rotas de tratamento para o condicionamento da água a ser obtida.

Dentre os objetivos específicos mencionam-se:

- Desenvolver modelagem para o balanço de massa de uma estação de tratamento de efluentes;
- Desenvolver procedimento heurístico para a geração (síntese) do melhor fluxograma com base no critério de maior eficiência;
- Desenvolver pacote computacional para a automatização dos procedimentos supracitados.

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Simulação de Redes de Tratamento de Efluentes

A análise de sistemas de tratamento de efluentes, mediante simulações, vem sendo realizada em cenários, tanto no contexto urbano quanto no industrial. Em ambos os contextos, a estratégia mais empregada é a sequencial modular (SCHÜTZE; BUTLER; BECK, 2002).

A Figura 3 mostra uma rede de tratamento de efluentes onde cada equipamento é representado por um módulo. As equações matemáticas encontram-se ordenadas tanto para o dimensionamento quanto para a simulação. Este método tem como vantagem o fato das equações serem ordenadas apenas uma vez durante o processo de criação dos módulos. Para cada situação é preciso apenas ordenar os módulos segundo o fluxograma do processo.

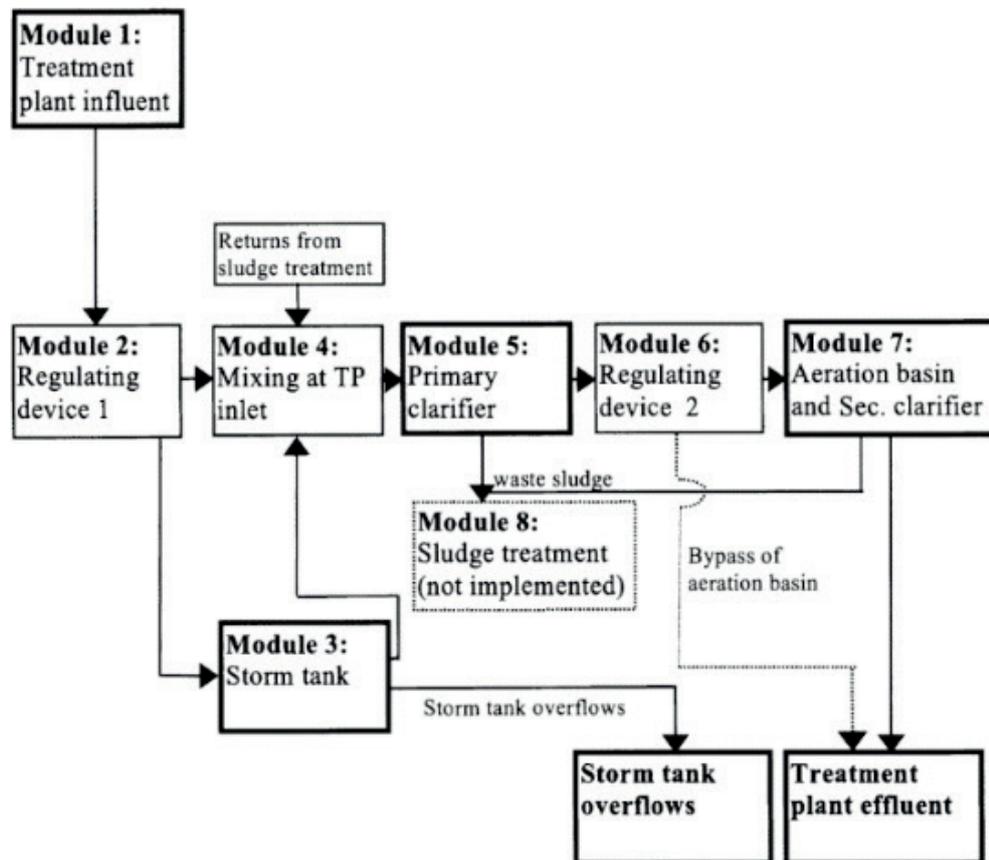


Figura 2 - Estrutura sequencial modular de uma planta de tratamento de efluente.

Nos problemas de simulação, equações dos módulos são ordenadas para simulação. Com os valores das variáveis das correntes de entrada e das dimensões do equipamento, o módulo calcula os valores das variáveis das correntes de saída.

Neste trabalho, os módulos são compostos pelas equações de balanço de massa por parâmetro, em estado estacionário, com base nas eficiências conhecidas de cada parâmetro em cada equipamento.

3.2 Parâmetros Ambientais

Foram selecionados 84 parâmetros ambientais (ex: dureza, sólidos em suspensão, turbidez, condutividade etc.) e 66 equipamentos de tratamento de efluentes típicos de refinarias de petróleo.

3.3 Balanço de Massa em Estado Estacionário

As equações do balanço de massa em estado estacionário para cada equipamento foram implementadas em módulos e levaram em conta as eficiências de remoção para cada parâmetro em cada equipamento do processo. Cada equipamento possui um conjunto de parâmetros que indicam a eficiência de remoção dos equipamentos. Tanto estes parâmetros quanto as eficiências de referência ou eficiências-padrão foram especificadas levando-se em conta informações e valores

obtidos da literatura. Também é possível cadastrar no software valores de eficiências para cada equipamento desejado, sendo estes salvos num banco de dados de eficiências.

3.4 Cálculo de Custo e Consumo Energético

Os cálculos dos custos totais (CAPEX + OPEX) dos processos de tratamento foram realizados com base em informações obtidas na literatura sendo expressos em dólares por metro cúbico de água (US\$/m³) e dólares por ano (US\$/a).

Os cálculos dos consumos energéticos foram realizados em função da vazão de água e expressos em quilowatt-hora por ano (kWh/a).

8 Simulação em Torres de Resfriamento

Numa torre de resfriamento operando em estado estacionário e sem acúmulo de matéria, tem-se o seguinte balanço global:

$$R + F = E + A + D + I \quad (1)$$

Em que R indica a vazão de água de reposição (m³/h), F representa as outras fontes de alimentação de água (ex: condensadores de contato ou água de chuva), E representa a vazão de evaporação (m³/h), A é a vazão de perdas em virtude de arraste de gotículas (m³/h), D é a vazão de descargas (purgas) (m³/h) e I indica as perdas intermediárias pelas quais vazamentos, transbordamentos, infiltrações, drenos abertos, ou outros usos para a água de recirculação, por exemplo. Não havendo outras fontes de alimentação e outros tipos de perdas (F = 0 e I = 0), a expressão se reduz a:

$$R = E + A + D \quad (2)$$

A concentração de sais minerais dissolvidos na torre durante a evaporação está relacionada com o ciclo de concentração (CC). Supondo a existência de apenas evaporação de água pura, o ciclo de concentração será calculado pelas seguintes equações:

$$CC = \frac{E + A + D}{A + D} \quad (3)$$

$$CC = \frac{R}{A + D} \quad (4)$$

$$CC = \frac{E}{A + D} + 1 \quad (5)$$

A Equação 5 mostra que quanto maior for a evaporação da água, maior será o ciclo de concentração. Por outro lado, o aumento das descargas resulta em uma diminuição no ciclo, uma vez que as purgas são utilizadas para ajustar o nível de concentração de sais na água de resfriamento dentro da necessidade operacional (limites aceitáveis).

A partir da quantidade evaporada e do ciclo de concentração do sistema pode-se obter a quantidade de água de reposição, através da Equação 6:

$$R = E \frac{CC}{CC - 1} \quad (6)$$

3.5 Síntese de Redes de Tratamento de Efluentes

Diferentes abordagens podem ser utilizadas para a realização da síntese de um sistema de tratamento de efluentes aquosos. As mais comuns são a programação matemática e o uso regras heurísticas que, mesmo não possuindo dedução matemática a partir de princípios físicos, possuem comprovação/validação pelo seu uso.

O método heurístico consiste em aplicar, em cada sistema, a regra heurística que se mostra mais apropriada para tal sistema, resultando em apenas um fluxograma. A solução obtida não é necessariamente a ótima, mas pode se aproximar bastante da ótima a depender da qualidade das regras utilizadas. Este método tem como grande vantagem a sua rapidez, não requerendo qualquer avaliação intermediária, apenas a da solução final. A desvantagem é que não produz, necessariamente, a solução ótima. Contudo, a solução obtida é um bom ponto de partida para a busca de uma melhor solução.

O presente trabalho visa o uso de regras heurísticas, usando como parâmetros as técnicas existentes para o tratamento de efluentes de refinarias de petróleo e os contaminantes presentes. Para isso, usará como base, as regras heurísticas gerais mais comumente empregadas em processos de separação de acordo com Seider et al.(2003), Perlingeiro (2005) e Delgado (2008), hierarquizando-as e aplicando-as em tratamentos de efluentes aquosos.

No sistema de tratamento de efluentes líquidos de refinarias, o produto que se deseja obter e recuperar é a água. Através dos tratamentos, busca-se adequá-la aos padrões requeridos de acordo com seu destino (seja padrões ambientais, quando destinada ao descarte, seja aos padrões para reúso quando destinada ao reúso interno).

Sendo assim, as seguintes regras heurísticas foram escolhidas:

1. Se houver mais de uma fase presente no efluente, separá-las;

2. Se houver contaminantes que forem corrosivos, perigosos, reativos quimicamente ou instáveis termicamente, removê-los;
3. Remover em ordem os contaminantes presentes em maior quantidade; se houver componentes em quantidades equivalentes, efetuar primeiro a separação mais fácil (neste caso, considerar dificuldade proporcional ao custo)
4. Selecionar técnica de tratamento do contaminante definido anteriormente, dando preferência aos tratamentos que tenham o menor custo. Evitar separações que exijam a adição de outros componentes. No caso de seu uso, removê-lo assim que possível;
5. Verificar a concentração máxima de entrada nos tratamentos e a presença de contaminantes interferentes na técnica de tratamento selecionada. Se necessário realizar pré-tratamento para remoção do interferente.

O procedimento de síntese seguirá:

1ª Regra Heurística: quando houver mais de uma fase presente no efluente, as mesmas deverão ser separadas; efluentes de refinarias normalmente apresentam alto teor de óleos e graxas (O&G) que configuram uma “segunda” fase líquida no efluente.

2ª Regra Heurística: quando necessário, outra separação/remoção que deve ser realizada no início do sistema de tratamento é a de contaminantes que forem ou estiverem em concentração: corrosiva, perigosa, instável termicamente ou reativa quimicamente, pois dependendo da natureza e/ou concentração do composto, o mesmo pode causar danos às instalações ou comprometer a eficiência e segurança do processo do sistema de tratamento.

3ª Regra Heurística: remoção em ordem preferencial envolvendo contaminantes presentes em maior quantidade; em casos de quantidade equivalente, deve-se remover o contaminante cuja separação apresente menor custo operacional.

4ª Regra Heurística: uma vez determinado qual contaminante será removido em uma dada etapa, deve-se selecionar a técnica que será empregada para a remoção do mesmo. Seleciona-se a técnica de tratamento analisando qual dos tratamentos disponíveis apresenta o menor custo operacional; deve-se evitar os tratamentos que requeiram a adição de solventes, como por exemplo, para remoção de hidrocarbonetos, pois posteriormente será necessário a remoção de mais um contaminante presente no efluente.

5ª Regra Heurística: deve-se verificar se algum contaminante presente na corrente que será submetida a um determinado tratamento é ou está presente em concentração interferente ao tratamento proposto. Caso haja interferente, este deve ser removido em um pré-tratamento.

4 | RESULTADOS

4.1 Software para a Simulação e Síntese de Sistemas de Tratamento de Efluentes

O software a ser apresentado nesta seção foi desenvolvido para a simulação e síntese de redes de tratamento de efluentes, incluído a torre de resfriamento. O desenvolvimento foi completamente elaborado em linguagem VBA dentro da ferramenta Microsoft Excel™.

O acesso ao programa é feito por uma nova aba criada no Microsoft Excel™ chamada “Simulação”. Esta é composta por uma série de botões com diferentes funcionalidades. A figura a seguir mostra esta barra em maior destaque.



Figura 3 - Barra de Ferramentas do Simulador.

São sete as principais funcionalidades presentes no software:

1. **Equipamentos:** para a inclusão dos equipamentos;
2. **Correntes:** para a inclusão de correntes no processo;
3. **Tipo de Cálculo:** para a escolha do tipo e cálculo;
4. **Simular:** para iniciar a realização dos cálculos;
5. **Resultados:** para a visualização dos resultados dos cálculos;
6. **Edição:** para o ajuste dos objetos presentes na janela de simulação/síntese;
7. **Banco de dados:** para a escolha do banco de dados de simulação, refinaria ou limpeza de do banco.

4.2 Equipamentos: Lista de Equipamentos

O usuário que deseja realizar uma simulação deve acessar esta opção para a escolha dos equipamentos que farão parte do fluxograma a ser elaborado.

É importante lembrar que a inclusão de equipamentos apenas faz sentido se o tipo de cálculo escolhido for “Simulação”. Caso seja síntese a elaboração do fluxograma na janela é automática. A seguir será exibida a janela para a escolha do tipo de cálculo.

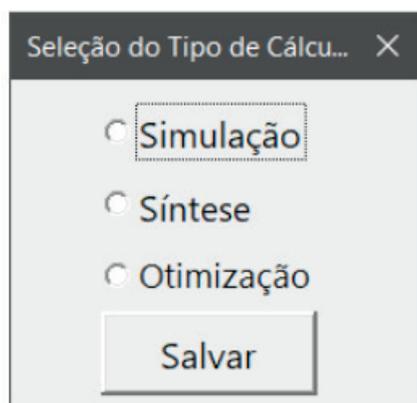


Figura 4 - Escolha do Tipo de Cálculo.

Antes da realização de qualquer cálculo, o usuário deve escolher o tipo de cálculo a ser realizado. A opção de otimização não está habilitada para o escopo deste projeto.

4.3 Banco de Dados

As simulações realizadas são cadastradas num banco de dados que é exibido numa lista da barra de ferramentas. É possível também escolher o banco de dados correspondente às eficiências de cada equipamento para cada refinaria de uma empresa de petróleo.

4.4 Exemplo 1

Neste estudo de caso, é adotada como base a caracterização clássica de efluentes de refinarias (POMBO; MAGRINI; SZKLO, 2013). A Tabela 1 apresenta os valores consolidados das concentrações dos contaminantes antes dos tratamentos do efluente, ou seja, na entrada da Estação de Tratamento de Resíduos Industriais (ETDI) e os valores estabelecidos pelas regulamentações para lançamento de tal efluente, como concentrações especificadas para reúso.

Parâmetros	Entrada EDTI	Padrão de Lançamento
pH	6,2 - 10,6	6 - 9
DBO (mg/L)	280	28
DQO(mg/L)	3340	13,86
Sulfetos (mg/L S)	38	1
Dureza como CaCO ₃ (mg/L)	510	NF
Óleo (mg/L)	200	20 mg/L
Fósforo (mg/L P)	97	10mg/L P
N amoniacal (mg/L N)	98,82	10 mg/L N
Cloretos (mg/L Cl)	1080	5mg/L
Sulfatos (mg/L SO ₄)	182	NF

NF: Valor não fixado

Tabela 1 - Caracterização do efluente do estudo de caso na entrada da EDTI e os respectivos padrões de lançamento (POMBO; MAGRINI; SZKLO, 2013).

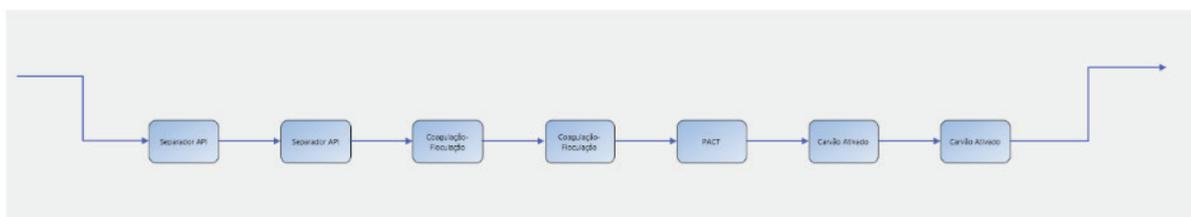


Figura 5 - Fluxograma gerado pelo software. Modo de síntese.

Em termos de custo e energia tem-se os seguintes resultados:

Equipamentos	Energia (kW.h/a)	Custos (\$/a)	Custos (\$/m ³)
API	96.985,00	0,02	89.250,00
API	96.985,00	0,02	89.250,00
Coagulação-Floculação	0,00	0,26	1.561,88
Coagulação-Floculação	0,00	0,26	1.561,88
Pact	3.350,45	0,11	654,50
Carvão Ativado	6.126,72	0,10	595,00
Carvão Ativado	6.126,72	0,10	595,00
Total	209.573,88	0,87	183.468,25

Figura 6 - Resultados de custo e energia fornecidos pelo software.

Para atender ao padrão exibido na Tabela 1 o software gerou uma sequência de 2 APIs, seguido de 2 processos de coagulação-floculação, 1 PACT e 2 processos de carvão ativado. No relatório dos resultados é apresentado o balanço de massa das correntes presentes na simulação.

É importante destacar que não se dispõe de todos os valores para os custos e energia. Por este motivo é possível verificar o valor dos custos e/ou energia com o valor igual a zero para o equipamento Coagulação-Floculação.

4.5 Exemplo 2

Este exemplo mostra como um cálculo pode ser realizado para a torre de resfriamento no software desenvolvido. O efluente da torre é calculado com base no CC obtido.

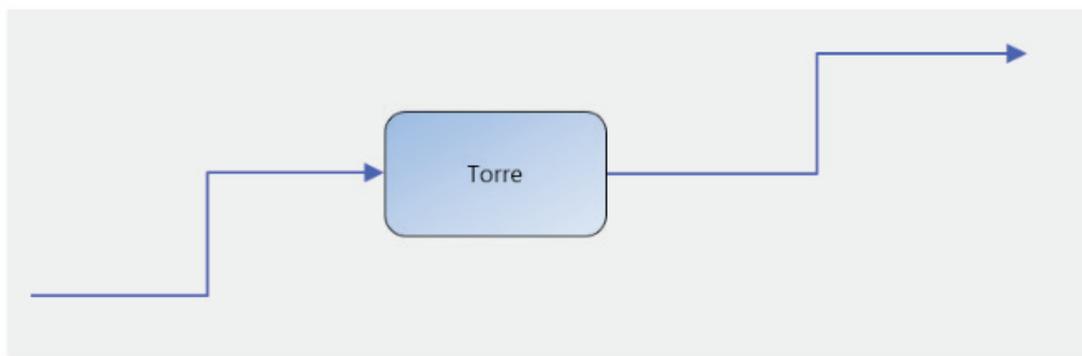


Figura 7 - Fluxograma desenhado no software. Modo de simulação.

As informações necessárias para o cálculo dos principais parâmetros da torre são acessadas ao clicar no equipamento. A seguinte janela será aberta para a entrada da umidade relativa (%), temperatura de resfriamento (°C) e a temperatura do ar (°C).

A janela tem o título 'Torre de Resfriamento' e um ícone de fechar (X) no canto superior direito. Ela contém três campos de entrada de texto, cada um precedido por um rótulo: 'Umidade Relativa (%)', 'Temperatura de Resfriamento. (°C)' e 'Temperatura do Ar (°C)'. Abaixo dos campos, há um botão retangular rotulado 'Salvar'.

Figura 12 - Dados de entrada da torre.

Após isto, ao clicar no botão rodar e acessar os resultados uma tabela será exibida com os valores de arraste (m^3/h), purga (m^3/h), água de reposição (m^3/h) e ciclo de concentração.

5 | CONCLUSÕES

O objetivo principal deste projeto foi atingido, uma vez que se dispõe de uma ferramenta capaz de realizar tanto a simulação quanto a geração automática (síntese) de redes/fluxogramas de estações de tratamento de efluentes incluindo as torres de resfriamento. É importante destacar que a heurística inclusa neste pacote computacional atende aos requisitos da sequência lógica para os diferentes tipos de tratamento (primário, secundário e terciário), nesta ordem.

Diversos estudos ainda podem ser realizados no âmbito desta ferramenta, assim como diversas melhorias podem ser implementadas com os recursos e tempo necessários. A otimização do sistema de tratamento de efluentes, da torre de resfriamento e da distribuição de água são alguns exemplos.

REFERÊNCIAS

- DELGADO, B. E. P. DA C. **Síntese de Sistemas de Regeneração e Tratamento Final de Efluentes**. 451 f.—Rio de Janeiro, Brasil: Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos), Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.
- MARIANO, J. B. **Impactos Ambientais do Refino de Petróleo**. 216 f.—Rio de Janeiro, Brazil: Dissertação (Programa de Pós-Graduação de Engenharia - COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001.
- PERLINGEIRO, C. A. G. **Engenharia de processos: análise, simulação, otimização e síntese de processos químicos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.
- POMBO, F. R.; MAGRINI, A.; SZKLO, A. An analysis of water management in Brazilian petroleum refineries using rationalization techniques. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 73, p. 172–179, abr. 2013.
- QUAGLIA, A. et al. Design of a generic and flexible data structure for efficient formulation of large scale network problems. In: **Computer Aided Chemical Engineering**. [s.l.] Elsevier, 2013. v. 32p. 661–666.
- SEIDER, W. D.; SEADER, J. D.; LEWIN, D. R. **Product and Process Design Principles: Synthesis, Analysis and Evaluation**. 2a. ed. [s.l.] Wiley International, 2003.
- TROVATI, J. **Tratamento de água de resfriamento Curso On-Line**. Araraquara-SP: [s.n.].
- VANELLI, C. A. **Conservação De Água Em Refinaria De Petróleo: O Caso Da Revap**. 151 f.—Itajubá, Brazil: Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Energia), Universidade Federal do Rio de Itajubá, 2004.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Água potável 27, 35, 189, 264, 293, 302, 303, 325, 336, 350

Águas subterrâneas 25, 26, 27, 30, 33, 36, 37, 54, 111, 112, 113, 115, 117, 118, 120, 121, 123, 174, 179, 318, 319, 322, 323, 324, 326, 336, 361

Água subterrânea 25, 35, 36, 112, 117, 118, 119, 120, 161, 175, 318, 319, 324, 325, 377

Análises 25, 27, 28, 35, 37, 38, 41, 43, 45, 49, 50, 56, 91, 126, 140, 141, 158, 164, 267, 271, 301, 302, 320, 321, 322, 324, 360, 370, 373, 376, 379

B

Biogás 38, 39, 40, 46, 47, 48, 49, 90

Busca exaustiva 1, 3, 4, 7, 20, 22, 23

C

Conservação 159, 161, 162, 163, 164, 171, 178, 179, 259, 264, 274, 275, 276, 277, 279, 280, 281, 283, 284, 287, 292, 303, 338, 342

D

Degradação dos solos 122

Desenvolvimento web 76, 78

Desperdício de água 293, 303

Destilador 293, 295, 296, 298, 301, 302

Digestor anaeróbio 38, 40, 43, 49

E

Educação ambiental 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 284, 290, 291, 292, 304, 338, 340, 342, 344, 345, 347, 348

Eficiência hídrica 293, 294

Erosão hídrica 122, 123, 124, 126, 129, 135

Erosão urbana 122

F

Fiscalização 140, 145, 146, 147, 148, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 261, 263, 264, 383

Fiscalização direta 145

Fiscalização indireta 145

G

Gestão da manutenção 136, 137, 138, 139, 143, 144

God 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121

H

Hidráulica de canais 76, 77, 78, 79, 85

I

Indicadores 100, 140, 145, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 160, 176, 181, 241, 246, 292, 358
Inibição da atividade microbiana 38

L

Lodo físico-químico 38, 41, 42, 43, 47, 48

M

Manutenção evolutiva 136
Manutenção preventiva 136, 330, 335
Medidores estáticos 180, 181, 184, 189
Meio ambiente 75, 111, 116, 122, 123, 228, 229, 233, 235, 236, 237, 263, 264, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 281, 283, 284, 285, 289, 290, 291, 292, 293, 296, 303, 304, 326, 338, 339, 342, 344, 345, 347, 362, 382, 383

O

Otimização 1, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 19, 20, 21, 22, 23, 38, 40, 147, 161, 162, 163, 212, 213, 239, 240, 247, 249, 256, 259

P

Planejamento 111, 125, 137, 139, 140, 143, 145, 146, 147, 155, 162, 228, 229, 230, 231, 236, 237, 246, 289, 305, 306, 308, 310, 315, 317, 326, 349, 351, 355, 356, 383
Poço artesiano 25, 27, 28, 29, 30, 31, 35

Q

Qualidade da água 25, 27, 30, 35, 36, 37, 74, 197, 296, 301, 302, 303, 318, 319, 325, 326, 364, 372

R

Redes de distribuição de água 1, 2, 4
Reuso de água 178, 247, 293

S

Submedição 100, 180, 181, 185, 187
Sulfato de alumínio 38, 41, 46, 47, 49, 50, 380
Sustentabilidade 111, 123, 162, 163, 179, 205, 206, 211, 235, 236, 274, 275, 277, 280, 285, 292, 296, 303, 304, 338, 351, 383

T

Tecnologia 22, 35, 37, 51, 52, 74, 76, 96, 98, 109, 168, 179, 180, 182, 188, 189, 212, 227, 238, 247, 259, 274, 299, 305, 308, 313, 316, 326, 360

V

Viabilidade 8, 161, 180, 181, 186, 187, 188, 189, 235, 261, 296
Vulnerabilidade 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 125, 181

 **Atena**
Editora

2 0 2 0