



Helenton Carlos da Silva
(Organizador)

Engenharia
Ambiental e Sanitária:
Interfaces do Conhecimento 2

Atena
Editora

Ano 2019

Helenton Carlos da Silva
(Organizador)

Engenharia Ambiental e Sanitária:
Interfaces do Conhecimento 2

Atena Editora
2019

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



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

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

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

Ciências Biológicas e da Saúde

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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E57	Engenharia ambiental e sanitária [recurso eletrônico] : interfaces do conhecimento 2 / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Engenharia Ambiental e Sanitária. Interfaces do Conhecimento; v. 2) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-694-2 DOI 10.22533/at.ed.942190910 1. Engenharia ambiental. 2. Engenharia sanitária I. Silva, Helenton Carlos da. II. Série. 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 “*Engenharia Ambiental e Sanitária Interfaces do Conhecimento*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu II volume, apresenta, em seus 31 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da importância da engenharia ambiental e sanitária, tendo como base suas diversas interfaces do conhecimento.

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

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

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

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

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

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

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

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

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
PLANOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO BÁSICO: EXPERIÊNCIAS E COMPREENSÕES PARA SEU ACOMPANHAMENTO E ATUALIZAÇÃO	
Marcelo Seleme Matias	
DOI 10.22533/at.ed.9421909101	
CAPÍTULO 2	17
AS CARAVANAS DE SANEAMENTO NA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO: FORMA DE DIÁLOGO DE SABERES E DE CAPACITAÇÃO PARA O PROCESSO DE ELABORAÇÃO DE PLANOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO BÁSICO	
Luiz Roberto Santos Moraes	
Luciana Espinheira da Costa Khoury	
Ilka Vlaida Almeida Valadão	
DOI 10.22533/at.ed.9421909102	
CAPÍTULO 3	29
AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS DE PROJEÇÃO POPULACIONAL PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE SANEAMENTO BÁSICO EM BELÉM DO PARÁ	
Giovanni Chaves Penner	
Laércio dos Santos Rosa Junior	
Ana Gabriela Santos Dias	
DOI 10.22533/at.ed.9421909103	
CAPÍTULO 4	37
ESTIMATIVA DE POTENCIAL HÍDRICO SUBTERRÂNEO NA REGIÃO NORTE DO ESTADO DO PARANÁ	
Maurício Marchand Krüger	
Cláudio Marchand Krüger	
Rodrigo Pinheiro Pacheco	
Marcos Cesar Santos da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.9421909104	
CAPÍTULO 5	51
ESTRATÉGIAS INSTITUCIONAIS E REGULATÓRIAS PARA ENFRENTAMENTO DA CRISE HÍDRICA NO ESTADO DE SÃO PAULO	
Ester Feche Guimarães	
Marcel Costa Sanches	
DOI 10.22533/at.ed.9421909105	
CAPÍTULO 6	61
PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADAS: DO CONCEITO À PRÁTICA, UMA ÊNFASE NO SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DA BAHIA	
Renavan Andrade Sobrinho	
Abelardo de Oliveira Filho	
Cristiane Sandes Tosta	
DOI 10.22533/at.ed.9421909106	

CAPÍTULO 7	74
ANÁLISE DA QUALIDADE DE ÁGUA DE POÇOS SEDIMENTADOS NAS COMUNIDADES RURAIS DO MUNICÍPIO DE SÃO MIGUEL DO IGUAÇU	
Maria Cristina Scarpari Juliana Ninov Márcia Antonia Bartolomeu Agustini Fabio Orssatto	
DOI 10.22533/at.ed.9421909107	
CAPÍTULO 8	92
CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA CLARIFICADA PROVENIENTE DO TRATAMENTO DO RESÍDUO DO TRATAMENTO DE ÁGUA EM CICLO COMPLETO	
Isadora Alves Lovo Ismail Angela Di Bernardo Dantas Luiz Di Bernardo Cristina Filomêna Pereira Rosa Paschoalato Mateus Ancheschi Roveda Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.9421909108	
CAPÍTULO 9	105
PRÉ-TRATAMENTO DE ÁGUA DE TORRE DE RESFRIAMENTO VISANDO REÚSO	
Nathalia Oliveira dos Santos Lídia Yokoyama Vanessa Reich de Oliveira Gabriel Travagini Ribeiro	
DOI 10.22533/at.ed.9421909109	
CAPÍTULO 10	118
PRÉ-TRATAMENTO DE ÁGUA DO MAR AO SISTEMA DE OSMOSE INVERSA EM USINAS TERMELÉTRICAS	
Luciano Dias Xavier Lídia Yokoyama Vanessa Reich de Oliveira Gabriel Travagini Ribeiro	
DOI 10.22533/at.ed.94219091010	
CAPÍTULO 11	131
QUALIDADE DAS ÁGUAS DO PARQUE LAGOAS DO NORTE, TERESINA-PI	
Rafael Diego Barbosa Soares Carlos Ernando da Silva Ronne Wesley Lopes da Cruz	
DOI 10.22533/at.ed.94219091011	
CAPÍTULO 12	141
CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SANTO AMARO, ESTADO DO ESPÍRITO SANTO	
Caio Henrique Ungarato Fiorese Herbert Torres Gilson Silva Filho	
DOI 10.22533/at.ed.94219091012	

CAPÍTULO 13	156
CONTROLE DE ENCHENTES E A ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA EM BLUMENAU, SC, BRASIL	
Raphael Franco do Amaral Tafner	
Roberto Righi	
DOI 10.22533/at.ed.94219091013	
CAPÍTULO 14	168
APLICAÇÃO DE TETO JARDIM RESIDENCIAL NA REDUÇÃO DE ALAGAMENTO URBANO	
Raquel da Silva Pinto	
Camila de Fátima Lustosa	
Gabriele Sabbadine	
André Augusto Gutierrez Fernandes Beati	
Rafael Augusto Valentim da Cruz Magdalena	
Luciane de Souza Oliveira Valentim	
DOI 10.22533/at.ed.94219091014	
CAPÍTULO 15	180
DESENVOLVIMENTO DE GEOPOLÍMEROS COM A INCORPORAÇÃO DO LODO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA	
Matheus Rossetto	
Luciano Senff	
Simone Malutta	
Rubia Lana Britenbach Meert	
Bruno Borges Gentil	
DOI 10.22533/at.ed.94219091015	
CAPÍTULO 16	194
BENCHMARKING DE DESEMPENHO ENTRE OPERADORAS DE ÁGUA E ESGOTO EM NÍVEL DE BACIA HIDROGRÁFICA	
Tiago Balieiro Cetrulo	
Aline Doria de Santi	
Rui Domingos Ribeiro da Cunha Marques	
Tadeu Fabrício Malheiros	
Natália Molina Cetrulo	
DOI 10.22533/at.ed.94219091016	
CAPÍTULO 17	203
ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA EM EFLUENTES SIMULADOS DA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS	
Micheli Tutumi de Araujo	
Alexandre Saron	
DOI 10.22533/at.ed.94219091017	
CAPÍTULO 18	218
ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA DO USO DE ÁGUA RESIDUÁRIA COMO ÁGUA DE AMASSAMENTO PARA CONCRETO	
André Schramm Brandão	
Ênio Pontes de Deus	
Antônio Eduardo Bezerra Cabral	
Wyoskynaria Mihaly Maia da Silva	
Francisco Altanízio Batista de Castro Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.94219091018	

CAPÍTULO 19	231
APLICAÇÃO DO MÉTODO ESTATÍSTICO DCCR NA REMOÇÃO DE CORANTES EM EFLUENTE TÊXTIL POR PROCESSO DE ELETROCOAGULAÇÃO	
Fabíola Tomassoni Elisângela Edila Schneider Cristiane Lisboa Giroletti Maria Eliza Nagel-Hassemer Flávio Rubens Lapolli	
DOI 10.22533/at.ed.94219091019	
CAPÍTULO 20	244
DESAGUAMENTO E HIGIENIZAÇÃO DE LODO DE ESGOTO UTILIZANDO ESTUFA AGRÍCOLA SOBRE LEITOS DE SECAGEM	
Juliana Guasti Lozer Ricardo Franci Gonçalves Vinícius Mattos Fabris	
DOI 10.22533/at.ed.94219091020	
CAPÍTULO 21	254
DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO DE CADASTRAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIALMENTE CONTAMINADAS PELA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO	
Renato Ribeiro Siman Hugo de Oliveira Fagundes Larissa Pereira Miranda Luciana Harue Yamane	
DOI 10.22533/at.ed.94219091021	
CAPÍTULO 22	267
ENZIMAS LIGNINOLÍTICAS DE <i>Trametes sp.</i> NA REMEDIAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS GERADOS DURANTE TRATAMENTO DE EFLUENTE KRAFT EM LAGOAS AERADAS FACULTATIVAS	
Eliane Perreira Machado Gustavo Henrique Couto Aline Cristine Hermann Bonato Camila Peitz Claudia Regina Xavier	
DOI 10.22533/at.ed.94219091022	
CAPÍTULO 23	276
ESTUDO COMPARATIVO DA SECAGEM NATURAL DE LODOS DE ETEs SUBMETIDOS AO PROCESSO DE CENTRIFUGAÇÃO	
Sara Rachel Orsi Moretto Walmor Cardoso Godoi Sebastião Ribeiro Junior	
DOI 10.22533/at.ed.94219091023	

CAPÍTULO 24	287
ESTUDO DA AÇÃO DE CONSÓRCIOS MICROBIANOS NA REMEDIAÇÃO DE ÁGUAS CONTAMINADAS	
<p>Viviane Nascimento da Silva e Sá Fabiana Valéria da Fonseca Leila Yone Reznik Tito Lívio Moitinho Alves</p>	
DOI 10.22533/at.ed.94219091024	
CAPÍTULO 25	300
ESTUDO DO ACÚMULO DE NITRITO EM REATOR SEQUENCIAL EM BATELADA VISANDO A REMOÇÃO DE NITROGÊNIO PELA VIA CURTA	
<p>Ajadir Fazolo Alisson Luiz Boeing Kátia Valéria Marques Cardoso Prates Paulo Henrique Mazieiro Pohlmann Rafael Coelho Ciciliato Rafaella Oliveira Baracho</p>	
DOI 10.22533/at.ed.94219091025	
CAPÍTULO 26	311
GESTÃO DE MICROPOLUENTES EM BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS: O CASO DO RIO BELÉM, CURITIBA, PARANÁ	
<p>Demian da Silveira Barcellos Harry Alberto Bollmann</p>	
DOI 10.22533/at.ed.94219091026	
CAPÍTULO 27	330
II-032 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REÚSO AGROPECUÁRIO DOS EFLUENTES DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DA EMBASA, SITUADAS NO SEMIÁRIDO BAIANO	
<p>Evanildo Pereira de Lima Helder Guimarães Aragão</p>	
DOI 10.22533/at.ed.94219091027	
CAPÍTULO 28	339
IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE REÚSO URBANO NÃO POTÁVEL EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO	
<p>Juliana Guasti Lozer Victor Correia Faustini Cinthia Gabriela de Freitas Ribeiro Vieira Reis Nadja Lima Gorza Renata Maia das Flores</p>	
DOI 10.22533/at.ed.94219091028	
CAPÍTULO 29	351
O REÚSO DA ÁGUA DE EFLUENTE NO PÓLO PETROQUÍMICO DE CAPUAVA – SÃO PAULO	
<p>Sâmia Rafaela Maracaípe Lima Eduardo Ueslei de Souza Siqueira Layse de Oliveira Portéglio Mainara Generoso Faustino</p>	
DOI 10.22533/at.ed.94219091029	

CAPÍTULO 30	363
PRODUÇÃO DE BIOMASSA MICROALGAL EM EFLUENTE SUCROALCOOLEIRO CLARIFICADO POR COAGULAÇÃO ELETROQUÍMICA	
Mauricio Daniel Montaña Saavedra Viktor Oswaldo Cárdenas Concha Reinaldo Gaspar Bastos	
DOI 10.22533/at.ed.94219091030	
CAPÍTULO 31	379
USO DE ESGOTOS TRATADOS NO NORDESTE DO BRASIL: POTENCIAIS E DESAFIOS	
Rafaela Ribeiro de Oliveira Yldeney Silva Domingos Luara Musse de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.94219091031	
SOBRE O ORGANIZADOR	391
ÍNDICE REMISSIVO	392

PRÉ-TRATAMENTO DE ÁGUA DE TORRE DE RESFRIAMENTO VISANDO REÚSO

Nathalia Oliveira dos Santos

Doutoranda em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela UFRJ.

Rio de Janeiro – RJ.

Lídia Yokoyama

Professor Associado II do Departamento de Processos Inorgânicos da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Doutorado em Química pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro – RJ.

Vanessa Reich de Oliveira

Engenheira Química pela ENEVA. Mestre em Energy Systems and Environment – University of Strathclyde.

Rio de Janeiro – RJ.

Gabriel Travagini Ribeiro

Engenheiro nas áreas de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação no setor elétrico pela empresa EDP Energias do Brasil. Engenharia de Energia, Engenharia Ambiental e Urbana e Bacharelado em Ciência e Tecnologia na Universidade Federal do ABC.

São Paulo - SP.

RESUMO: Sistemas de torres de resfriamento demandam quantidades significativas de água com características de qualidade específicas para proporcionar maiores ciclos de concentração. Este trabalho tem como objetivo principal avaliar o processo de ultrafiltração

da purga da torre de resfriamento como pré-tratamento para osmose reversa. As unidades de torre de res-friamento foram combinadas e caracterizadas e posteriormente submetidas a ultrafiltração sob pressões de 1 bar, 2 bar e 3 bar. Os melhores resultados considerando a redução de parâmetros e gasto energético foram obtidos com a membrana de ultrafiltração de 5KDa sob pressão de 1 bar.

PALAVRAS-CHAVE: Reúso; Torre de resfriamento; Ultrafiltração; Osmose inversa.

COOLING TOWER PRE-TREATMENT FOR REUSE

ABSTRACT: Cooling tower systems require significant amounts of water with specific quality characteristics to provide longer concentration cycles. This work aims to evaluate the cooling tower purge ultrafiltration process as pretreatment for reverse osmosis. The cooling tower units have been combined and characterized and subsequently subjected to ultrafiltration under pressures of 1 bar, 2 bar and 3 bar. The best results considering the reduction of parameters and energy expenditure were obtained with the 5KDa ultrafiltration membrane under 1 bar pressure.

KEYWORDS: Reuse, cooling tower; Ultrafiltration; Reverse osmosis.

1 | INTRODUÇÃO

O Brasil é um país com grande disponibilidade de recursos hídricos. No entanto, a distribuição heterogênea, a utilização inadequada destes recursos e o descarte incorreto dos efluentes, juntamente com o crescimento da população e os progressos industriais alcançados, comprometem a qualidade da água. A redução significativa na qualidade dos recursos hídricos ocasiona um impacto devastador no meio ambiente, reduzindo a sustentabilidade dos recursos hídricos nos centros urbanos e regiões circunvizinhas (MIERZWA e HESPANHOL, 2005).

Pode-se observar que, com o aumento da escassez de recursos hídricos, a água de reuso começou a ser produzida para usos diversos, como irrigação, indústrias, empresas de geração de energia, etc (EPA, 2013).

Uma das alternativas para reduzir o volume de captação de água bruta e a minimização de descarte de efluentes é o reúso de água na unidade industrial. Esta prática tem sido cada vez mais usada devido a fatores como: coleta efetiva de água bruta e descarte de efluentes, aumento do custo de água potável, baixa disponibilidade regional e o controle mais restritivo das emissões de efluentes e disposição no ambiente natural (CARVALHO E MACHADO, 2010).

De acordo com Wang e Smith (1994) o reúso ocorre quando o efluente é reaproveitado diretamente sem qualquer tipo de pré-tratamento obedecendo ao nível de contaminantes na corrente de entrada da operação receptora. Esta medida minimiza o consumo de água primária. Já a regeneração com reuso, ocorre quando o efluente sofre algum tratamento no intuito de remover parcialmente a concentração de contaminantes para atingir níveis adequados à entrada de outro processo. Esta medida reduz o consumo de água primária, assim como a geração de efluentes. E a regeneração com reciclo: quando o efluente é tratado, reduzindo parcialmente a concentração de seus contaminantes e reaproveitado no mesmo processo ou operação que o gerou. Embora esta medida reduza o consumo de água e a geração de efluentes, é possível que ocorra o acúmulo de contaminantes que não foram removidos na regeneração, por meio do reciclo de correntes.

De acordo com Leverenz et al. (2011), a recuperação e reutilização da água proporcionam um novo destino ao efluente, reduzindo a demanda por água limpa e impactando menos os corpos receptores.

Um setor que demanda quantidade significativa de água é o relacionado a produção de energia, principalmente para os sistemas de ciclo de vapor e de resfriamento. Associado a isso, existe a necessidade de condicionamento da qualidade da água, específica para cada uso. Geralmente, as usinas termelétricas situam-se próximas a grandes centros urbanos e industriais, onde os recursos hídricos disponíveis já se encontram bastante impactados. (CARVALHO e MACHADO, 2010).

O tipo de processo de dessalinização mais difundido é a osmose inversa, capaz de rejeitar quase toda a matéria coloidal ou dissolvida a partir de uma solução aquosa,

produzindo uma corrente de salmoura concentrada e uma corrente de permeado que consiste de água quase pura. Embora seja usada para concentrar substâncias, o seu uso mais frequente reside nas aplicações de dessalinização (BAKER, 2004; FRITZMANN et al., 2007; HABERT et al., 2006)

A osmose inversa retém quase todos os solutos dissolvidos, incluindo sais e íons, permitindo a passagem de solutos. As torres de resfriamento consistem em sistemas que utilizam a água para absorver o calor gerado pelo processo, transferindo-o por evaporação e, assim, proporcionando a refrigeração do sistema (FRICK, 2013). Estes sistemas de resfriamento podem ser classificados em três tipos: sistemas abertos sem recirculação de água, sistemas abertos com recirculação de água ou sistemas semiabertos, e sistemas fechados com recirculação de água (DANTAS, 1988). Torres de resfriamento empregadas para o resfriamento de água industrial demandam, mesmo quando operadas de forma eficiente, grandes quantidades de água. De acordo com Nascimento e Lora (2004) e Altman et al. (2012), o consumo de água para abastecer sistemas de resfriamento semiabertos com recirculação está entre 70% e 90% do consumo total. Por reutilizar a mesma água várias vezes e associadas as perdas por evaporação e respingos, acarretarão a tendência ao aumento da concentração de sólidos dissolvidos na água, necessitando estabelecer um Ciclo de Concentração (CC) para evitar riscos de corrosão, incrustações e depósitos. Através do seu CC, realiza-se a purga e a reposição de água de reposição (água bruta tratada) de mesma vazão, aumentando a demanda por captação de água bruta (Figura 1). Desta forma, observa-se a importância do desenvolvimento de pesquisas que visem a reutilização de água, principalmente em regiões de escassez de água, levando-se em consideração as especificidades das características da água disponível, para assim, propor o cenário mais adequado e economicamente viável a fim de evitar paradas operacionais.

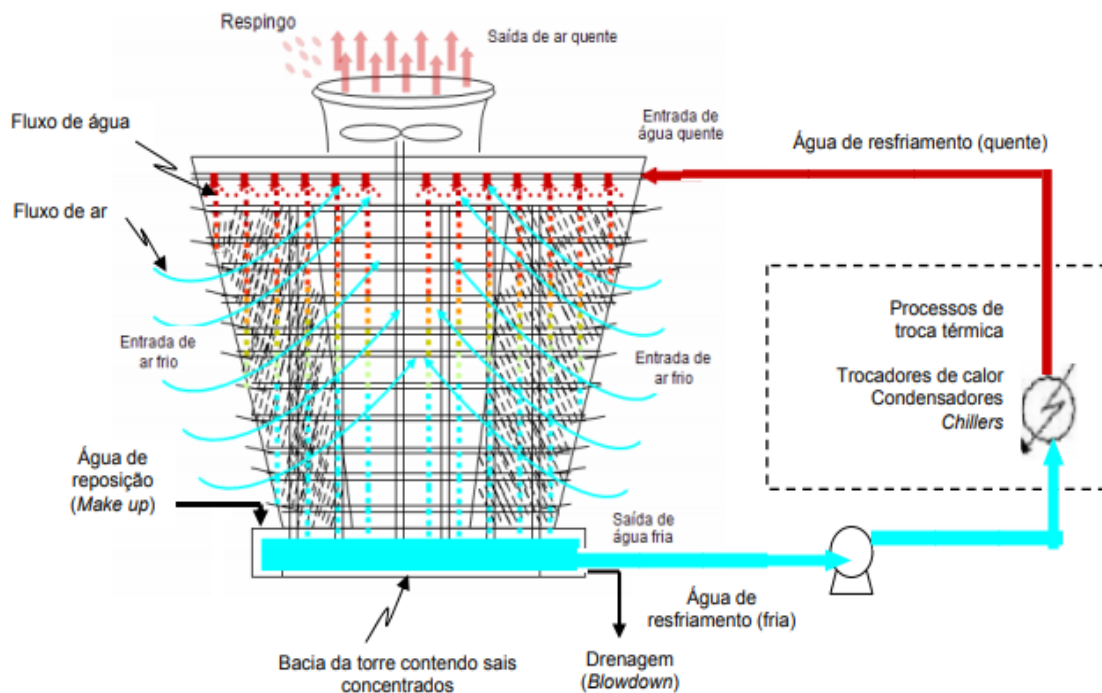


Figura 1- Princípio de funcionamento de uma torre de resfriamento semi-aberta (MIRRE., 2012).

Este trabalho tem como objetivo principal avaliar o tratamento da purga da torre de resfriamento de uma usina termelétrica localizado no Nordeste Brasileiro, com vistas ao reúso e reciclo desta corrente. Em decorrência da grande quantidade de sais dissolvidos o estudo se baseou na remoção de sais por meio de processos de filtração por membranas como pré-tratamento ao processo de osmose inversa. As principais fontes de reúso fixadas neste trabalho foram as purgas das torres em decorrência das maiores vazões existentes do balanço hídrico.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A. Amostras

A avaliação das características das correntes hídricas da Usina Termoelétrica Pecém foi realizada pelas análises quantitativas de amostras dos pontos TR01, TR02 e TR03 (referentes às torres de resfriamento), Blowdown da caldeira, bacia 65 e bacia 66 (referentes a captação de águas pluviais) e ponto B (que representa a junção de todas as correntes), os quais podem ser identificados no fluxograma a Figura 2. Os estudos foram desenvolvidos pelo Laboratório de Tratamento de Água e Reúso de Efluentes (LabTare), da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

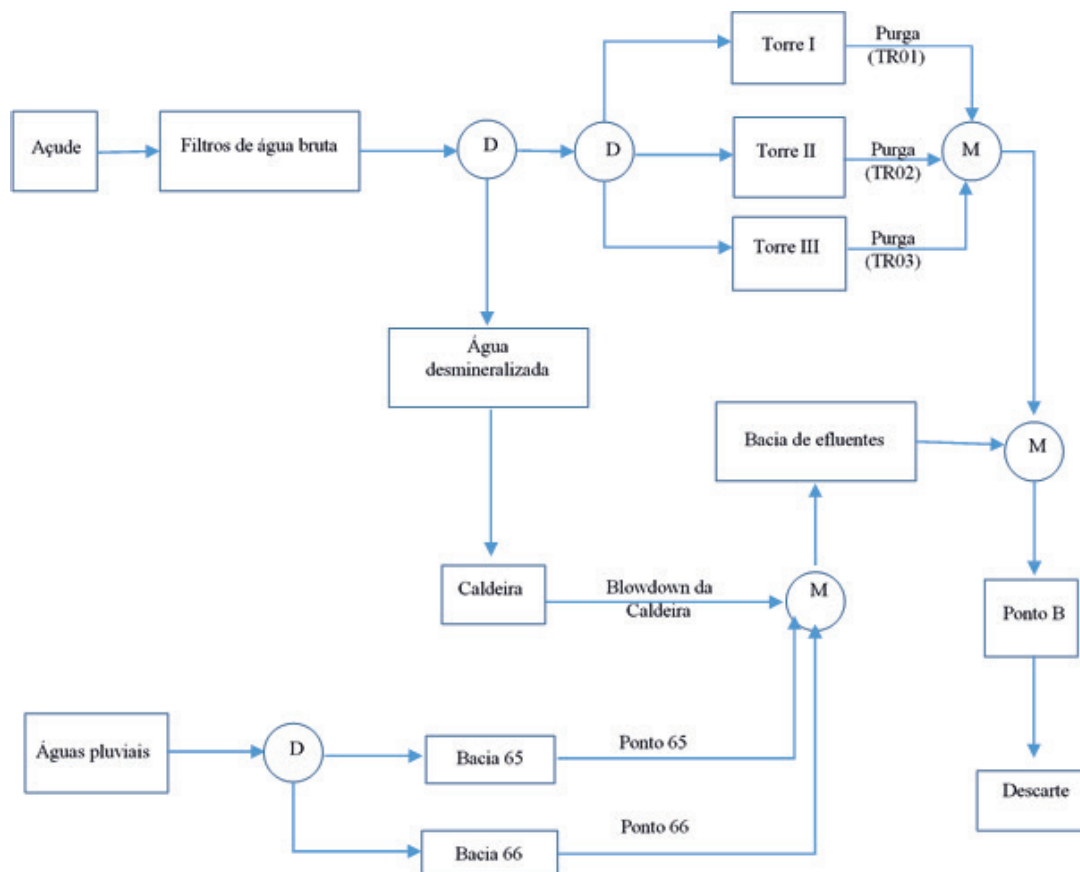


Figura 2- Fluxograma representativo das amostras utilizadas no presente trabalho.

O parâmetro sólidos foi determinado através de análise gravimétrica. A turbidez foi avaliada com o auxílio de um turbidímetro. Os parâmetros condutividade e pH foram determinados através de método potenciométrico, enquanto a análise de alcalinidade foi realizada através de método titulométrico. Os parâmetros cloro residual livre e total, cor, sílica reativa, DQO e alumínio foram obtidos com o auxílio de um espectrofotômetro modelo HACH DR 2800. A determinação de carbono orgânico dissolvido foi realizada utilizando-se um analisador de carbono modelo TOC-Vwp acoplado a um amostrador automático modelo ASI-V, ambos da marca Shimadzu® e controlados por software TOC Control-V Shimadzu®. Análises de sódio, potássio, cálcio, magnésio, cloreto, sulfato e dureza total foram realizadas através de cromatografia líquida (930 Compact IC Flex 1). O parâmetro Óleos & Graxas foi determinado pela técnica de espectrometria na região de Infravermelho. O equipamento utilizado foi o Infracal TOG/TPH, modelo HATR-T, marca Wilks Enterprise.

B. Ensaios com ultrafiltração

Realizou-se ultrafiltração com membranas de 5KDa, 10KDa e 20KDa. O sistema de ultrafiltração utilizado nos ensaios de permeação consiste de um tanque de alimentação com a capacidade de 5 L, retificador de corrente, rotâmetro, manômetro, termômetro, indicador de vazão e bomba de engrenagem.

C. Ensaios com osmose inversa (OI)

A OI vem se tornando uma tecnologia com bastante aceitação no setor industrial

e de tratamento de água, cuja aplicação mais comum envolve simplesmente a remoção de contaminantes indesejáveis. Seu principal campo de aplicação é a dessalinização de águas salobras e marinhas, para uso em navios, plataformas de extração de petróleo, em poços artesianos nas regiões áridas, etc. Este processo é também aplicado em larga escala na produção de água ultrapura nas indústrias eletrônicas, nos hospitais, indústrias farmacêuticas, etc (BAKER, 2004; FRITZMANN et al., 2007; HABERT et al., 2006).

Realizou-se o ensaio de osmose inversa com a membrana BW30-4040 (Dow) a 15 bar. Realizou-se o ensaio com amostras após passarem pelo processo de ultrafiltração.

3 | RESULTADOS

A. Amostra

A Tabela 1 apresenta a caracterização das amostras analisadas, seguindo as metodologias de APHA observa-se que a amostra TR01 apresenta elevados valores de condutividade, dureza, cloreto. Características semelhantes à TR01 são encontradas na amostra TR02.

PARÂMETROS	Amostras 08/2015						
	TR01	TR02	TR03	<i>Blowdown da caldeira</i>	Ponto 65	Ponto 66	Ponto B
Alcalinidade (mg/L)	260 ±3	296 ±2,5	92 ±4	76 ±2	124 ±2,1	104 ±3,3	216 ±6
Cálcio (mg/L)	162,5±9,3	161,5±8,9	188±9,7	18±0,3	38,5±2,0	79±5,0	18,5±0,7
Cloreto (mg/L)	878±15,2	779,5±16,5	1305,5±37,4	70±2,5	146±7,6	473,5±22,1	555±34,5
Cloro Residual Livre (mg/L)	0,012 ± 0,001	0,007 ± 0,001	0,26 ±0,001	0	0,004 ±0	0,126 ± 0,002	0,005 ± 0
Condutividade (mS/cm)	4,81 ±0,1	3,99 ±0,1	5,92 ±0,1	0,472 ±0,1	0,865 ± 0,1	1,67 ±0,1	2,78 ± 0,1
Cor aparente (UC)	57 ±1	54 ± 1	139 ±1	1 ±1	13 ±1	79 ±1	43 ± 1
Cor real (UC)	51 ±1	46 ±1	32 ±1	1 ±1	3 ±1	1 ±1	26 ±1
DQO solúvel (mg/L)	65 ±0,7	73 ±0,7	67 ±0,6	14 ±0,2	25 ±0,2	56 ±0,6	69 ±0,3
DQO total (mg/L)	80 ±1,5	81 ±0,3	72 ±1,2	20 ±0,4	24 ±1,0	83 ±0,3	77 ±0,7
Dureza (mg/L)	916 ±4,1	684 ±3,8	180 ±2	92 ±1	152 ±1,2	252 ±3	460 ±6,7
pH	8,5 ± 0,05	8,6 ± 0,05	7,1 ± 0,05	8,11	7,81	8,7	8,51
Potássio (mg/L)	85,5±3,8	79,5±4,2	113,5±7,9	13±0,2	13±0,6	46±1,6	62±4,1
SDT (mg/L)	3217 ±76	2932 ±201	4174 ±20	517 ±158	508 ±74	910 ±0	1935 ±73
SST (mg/L)	23 ±2	17 ±1	200 ±12	19 ±2	141 ±11	261 ±57	29 ±3
ST (mg/L)	3240 ±78	2949 ±202	4374 ±32	536 ±160	649 ± 85	1171 ±51	1964±76
Sílica reativa (mg/L)	9,2 ±0,4	7,8 ±0,5	16,9 ±0,2	0,5 ±0	1,9 ±0,1	3,5 ±0,1	21,8 ±1
Sódio (mg/L)	553,5±17,3	514±13,4	835,5±34,8	36,5±2,9	82,5±5,6	301±10,2	351,5±9,7

Sulfato (mg/L)	673,5±28,1	483,5±26,0	1077,5±35,8	0	73±2,4	238,5±10,4	362,5±8,6
TOC (mg/L)	80,9±5,1	68,3±4,3	89,8±7,0	9,5±0,1	14,8±0,4	39,9±1,3	50,2±2,1
Turbidez (NTU)	1,1 ±0,1	0,75 ± 0,02	12,55 ±0,15	1,42 ±0,16	1,35 ± 0,18	7,28 ± 0,065	2,32 ± 0,095
O & G (mg/L)	0,2±0	0,2±0	0,9±0,05	1,0±0,05	1,2±0,05	1,4±0,05	1,0±0

Tabela 1 – Resultados da caracterização das amostras de agosto de 2015.

Em seguida, nota-se que a amostra TR03 apresenta os maiores valores de turbidez, condutividade, sílica e cloreto. Sendo os 2 últimos parâmetros de extrema relevância se considerarmos a proposta de reúso desta corrente.

A amostra Blowdown da caldeira apresenta os melhores resultados, com características mais brandas no que se refere ao potencial de corrosão e/ou incrustação, considerando a possibilidade de reúso. Outras amostras com características favoráveis ao reúso seriam o Ponto 65 e 66, respectivamente. Já o Ponto B apresenta elevada condutividade, dureza, sílica e cloreto. Após análise é possível concluir que não há variações significativas entre as amostras TR01 e TR02, no entanto, a amostra TR03 apresenta-se com alterações significativas se comparadas às demais amostras referentes à purga da torre de resfriamento. A diferença nos valores pode estar relacionada a alguma contaminação decorrente da operação, uma vez que as unidades são idênticas em sua estrutura e composição.

A Tabela 2 apresenta os resultados da caracterização das amostras recebidas em novembro de 2015 a fim de através de análise comparativa, avaliar possíveis alterações em períodos diferentes de operação.

PARÂMETROS	Amostras 11/2015						
	TR01	TR02	TR03	Blowdown da caldeira	Ponto 65	Ponto 66	Ponto B
Alcalinidade (mg/L)	490 ± 5	115 ± 5	92,5 ± 3,54	15 ± 0	118,3 ± 11,55	200,0 ± 0	210,7 ± 1,15
Cálcio (mg/L)	93,5±7,2	110,5±3,6	138±9,7	38±2,4	165±9	114±7,3	72,5±2,0
Cloreto (mg/L)	707,6±10,3	559,81±15,1	757,39±16,7	75,65±4,2	335,08±7,9	515,76±20,7	497,51±18,5
Cloro Residual Livre (mg/L)	0,056 ± 0,032	0,411 ± 0,027	0,491 ± 0,044	0,191 ± 0,009	0,474 ± 0,112	0,747 ± 0,016	0,155 ± 0,020
Condutividade (mS/cm)	2,64 ± 0,02	2,67 ± 0,01	3,35 ± 0,01	0,32 ± 0	2,06 ± 0,01	2,55 ± 0,01	2,41 ± 0,01
Cor aparente (UC)	63,7 ± 5,51	44 ± 3,61	47 ± 3,08	39,5 ± 4,95	37 ± 2,83	261,7 ± 8,74	47,3 ± 9,24
Cor real (UC)	53,3 ± 5,66	39 ± 3,0	44 ± 4,36	1,5 ± 0,12	14,7 ± 2,90	28,7 ± 3,06	39,3 ± 1,02
DQO solúvel (mg/L)	67 ± 4,70	73 ± 4,53	64 ± 2,82	14 ± 3,77	30 ± 2,96	272 ± 9,89	74 ± 1,26
DQO total (mg/L)	79 ± 0,46	77 ± 4,06	77 ± 1,04	23 ± 7,23	42 ± 8,13	75 ± 4,77	43 ± 5,65
Dureza (mg/L)	570,0 ± 10	826,67 ± 37,86	893,33 ± 20,86	140 ± 10	510 ± 17,32	656,67 ± 5,77	570,70 ± 5,77
pH	8,5 ± 0,05	6,9 ± 0,05	6,6 ± 0,05	6,3 ± 0,05	7,1 ± 0,05	7,9 ± 0,05	8,2 ± 0,05
Potássio (mg/L)	103,5±4,1	76,5±2,3	178±9,0	22±0,3	121,5±3,7	73±3,2	63,5±4,2

SDT (mg/L)	2001	2668	3055	528	2358	2571	2401
SST (mg/L)	183 ± 0	151 ± 44	118 ± 2	118 ± 5,51	171 ± 35	96 ± 9	67 ± 5
ST (mg/L)	2184 ± 206	2820 ± 126	3173 ± 32	646 ± 42	2530 ± 56	2668 ± 82	2468 ± 70
Sílica reativa (mg/L)	4,12 ± 0,06	6,77 ± 0,08	6,8 ± 0,24	2,47 ± 0,02	3,35 ± 0,03	4,29 ± 0,02	4,52 ± 0,03
Sódio (mg/L)	539,5±22,4	410±15,6	554,5±23,7	57,5±2,0	356,5±18,4	404±16,1	391±17,9
Sulfato (mg/L)	97,9±6,3	538±29,7	607,42±42,1	58,3±3,1	392,94±16,4	366,24±15,8	271±13,4
TOC (mg/L)	70,4±2,5	57,6±3,9	74,6±2,4	8,4±2,1	19±0,6	46,6±1,7	50,6±3,4
Turbidez (NTU)	1,78 ± 0,07	1,15 ± 0,04	1,21 ± 0,12	5,41 ± 0,84	1,42 ± 0,17	26,97 ± 0,85	0,96 ± 0,06
O & G (mg/L)	0,5±0	0,3±0	1,1±0,05	1,8±0,05	1,4±0	1,0±0	1,2±0,05

Tabela 2 - Resultados da caracterização das amostras de agosto de 2015.

Após a análise da Tabela 1 é possível observar que os dados das amostras TR01, TR02 e TR03 apresentam divergências entre eles e também se comparados às amostras de novembro. Novamente, estas diferenças podem ser atribuídas a questões operacionais, dada a semelhança estrutural entre as unidades. Sendo as mudanças mais drásticas encontradas nos parâmetros alcalinidade, condutividade, dureza, pH (que está diretamente relacionado à alcalinidade) e sílica. As variações observadas nas concentrações dos íons analisados justificam a variação de condutividade observada entre as amostras.

B. Seleção de amostras

Conforme os dados repassados pela usina, as vazões de operação constam na Tabela 3 e foram usadas como critério para a seleção de amostras com vistas ao reúso.

Amostras	Vazões (m³/h)
TR01	95
TR02	95
TR03	95
<i>Blowdown</i> da caldeira	70
Ponto 65	30
Ponto 66	30
Ponto B	415

Tabela 3 – Vazões das correntes analisadas.

De acordo com as vazões apresentadas e considerando a necessidade de reúso, as amostras Ponto 65 e Ponto 66 foram descartadas, pois além de apresentarem baixa vazão, sua periodicidade é sazonal, uma vez que são constituídas de águas pluviais. A amostra *Blowdown* da caldeira, a qual possui características favoráveis ao reúso, apresenta vazão menor que a necessária para abastecer uma unidade de torre de resfriamento. E a amostra Ponto B, embora apresente vazão suficiente para abastecer 3 unidades de torre de resfriamento, sua maior vazão requer um maior gasto com tratamento, tornando o processo mais dispendioso. Assim, optou-se por

trabalhar apenas com a junção das amostras de purga da torre de resfriamento (TR01, TR02 e TR03), que foi denominada Purga da Torre Composta (PTC).

As características de água de reposição (make up) necessárias, segundo a usina, podem ser observadas na Tabela 4. No entanto, para adequar às purgas de torre de resfriamento ao padrão para água de abastecimento são necessárias etapas de tratamento.

Parâmetro	Valor médio
Alcalinidade total ((mg CaCO ₃ /L)	100,6
Cloreto (mg/L)	96,2
Condutividade (µS/cm)	535
Dureza total (mg/L)	105,5
Dureza cálcio (mg/L)	39,1
Ferro (mg/L)	0,03
pH	8,07
Sílica (mg/L)	4,3
Sulfato (mg/L)	3,3
Turbidez (NTU)	0

Tabela 4 – Perfil analítico de água de make up de torre de resfriamento de 2015.

C. Processos de separação por membranas - Ultrafiltração

O pré-tratamento utilizando UF apresenta resultados satisfatórios, reduzindo a pressão de operação, reduzindo custos com energia e aumentando os intervalos de limpeza do sistema de OI (LAUTENSCHLAGER et al., 2009). O pré-tratamento com UF para a osmose é capaz de reduzir a concentração de diversos parâmetros como: DQO, sílica e substâncias coloidais, que são prejudiciais ao processo de troca térmica.

Segundo Shang et al. (2008), o uso de MF e UF como pré-tratamento para reuso em torres de resfriamento proporciona um permeado de melhor qualidade, com redução de turbidez.

De acordo com Mierzwa e Hespanhol (2005), os processos de filtração por membranas são indicados para a remoção de dureza, nos casos onde a amostra em questão apresenta concentrações deste parâmetro acima de 80mg/L.

Assim, após a formação da amostra Purga da Torre Composta (PTC), a mesma foi submetida a um processo de UF por membranas, com o principal objetivo de remover a dureza da amostra, como forma de pré-tratamento para a osmose inversa, tendo em vista seu elevado potencial corrosivo e incrustante.

No intuito de melhor avaliar a eficiência deste processo, foram testadas 2 membranas (UP005 P e UP010 P) com tamanhos de poros distintos, 5KDa e 10KDa, respectivamente.

A amostra foi avaliada em relação aos parâmetros de dureza, alcalinidade, turbidez e condutividade, por estes serem os parâmetros mais importantes a serem

monitorados em torres de resfriamento (CARVALHO e MACHADO, 2010).

Embora o parâmetro de Sólidos Dissolvidos seja importante, o mesmo pode ser inferido, indiretamente através da análise de condutividade ou até mesmo medido em análise posterior a definição da melhor membrana sob a condição de operação mais viável.

A Tabela 5 apresenta os dados de caracterização dos permeados da amostra PTC

Permeados da amostra PTC						
PARÂMETROS	5 KDa			10 KDa		
	1 bar	2 bar	3 bar	1 bar	2 bar	3 bar
Turbidez (NTU)	0,37±0,04	0,41±0,02	0,53±0,01	0,84±0,05	0,84±0,03	1,95±0,05
Condutividade (mS/cm)	3,0±0,3	2,90±0,04	3,07±0,06	3,14±0,02	3,01±0,07	3,29±0,03
Alcalinidade (mg/L)	400±15	390±18	410±17	440±22	390±19	440±28
Dureza (mg/L)	1150±15	1090±37	1200±28	1260±41	1180±34	1310±42

Tabela 5- Permeados de PTC após ultrafiltração.

A análise da Tabela 5 demonstra que a melhor condição é representada pelo uso da membrana de 5KDa sob 1 bar. Embora outras condições também apresentem reduções o gasto de energia empregado não compensaria a redução alcançada.

As figuras 3 a 6 demonstram um comparativo entre a amostra bruta e os permeados oriundos da ultrafiltração por membrana de 5KDa e 10 KDa, representando graficamente os dados mencionados na Tabela 4.

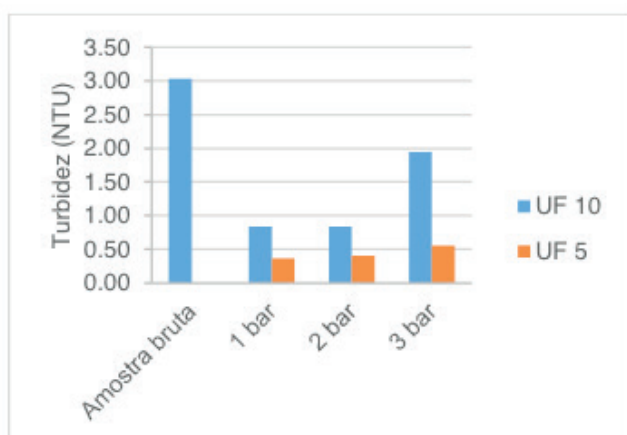


Figura 3 – Característica de turbidez do permeado da PTC.

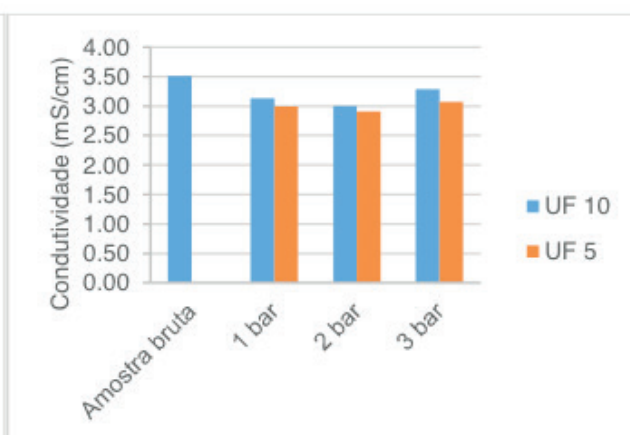


Figura 4 – Característica de condutividade do permeado da PTC.

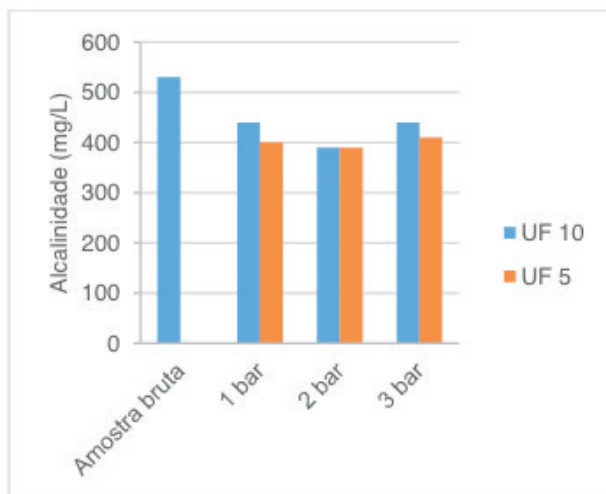


Figura 5 – Característica de alcalinidade do permeado da PTC.

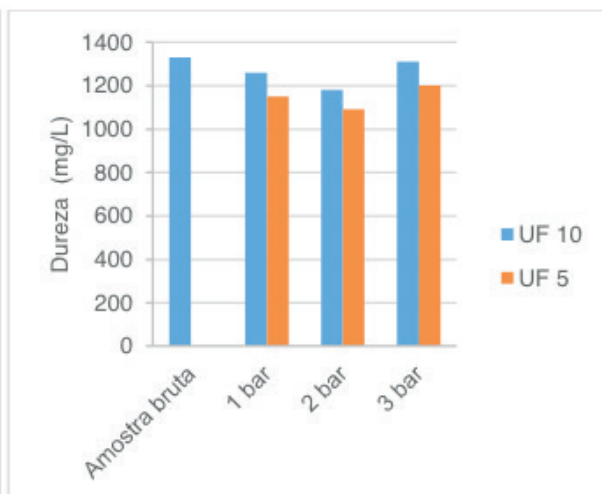


Figura 6- Característica de dureza do permeado da PTC.

C. Processos de separação por membranas – Osmose Inversa

Para este trabalho, após ser submetida a UF, a amostra passou por um processo de osmose (DOW FILMTEC™ BW30-4040) sob pressão de 15 bar, tendo seus resultados apresentados na tabela 6.

Análises	PTC	Desvio Padrão
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	55,02	0
Turbidez (NTU)	< 0,1	0
Sílica Reativa (mg/L)	0,241	0,004
Cor aparente (UC)	12	0
Cor real (UC)	12	0
Cloro Residual Livre (mg/L)	0,016	0
Cloro Total	0,017	0,001
Cloreto (mg/L)	21,04	1,2
Dureza Total (mg/L)	5,0	0
Ca (mg/L)	2,5	0
DQO Total (mg/L)	14,3	1,5
DQO solúvel (mg/L)	14,3	1,5
COT (mg/L)	0,05	0
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	4	0
pH	5,55	0,1

Tabela 6 – Caracterização do permeado de osmose inversa.

O processo de osmose inversa apresentou ótimos resultados, em virtude dos baixos valores encontrados para os parâmetros analisados.

4 | CONCLUSÕES

De acordo com os resultados, podemos concluir que a amostra purga da torre composta apresenta características prejudiciais para o sistema de resfriamento e requer pré-tratamento antes do reúso. Devido aos parâmetros envolvidos, o tratamento com membrana é o mais indicado e considerando o tratamento aplicado, a membrana de ultrafiltração de 5KDa demonstrou-se mais eficiente quando combinada a condição operacional de 1 bar, o que configura um resultado mais econômico do ponto de vista energético. Contudo, para o reúso desta corrente, ainda é necessário um tratamento complementar de osmose inversa.

No intuito de melhor definir as possibilidades de reúso dentro da usina, além de conferir caráter inovador ao projeto, pretende-se aplicar a técnica de Diagrama de Fontes de Água (DFA), que se trata de um procedimento algorítmico heurístico, onde são gerados cenários, aos quais vão ilustrar as possibilidades de reúso na planta, para que a empresa possa ter a possibilidade de escolha de qual configuração será melhor aplicar em um determinado momento da operação, considerando as particularidades sazonais e de operação de cada local. A principal inovação neste caso é a ausência da aplicação desta ferramenta para usinas termelétricas, uma vez que a mesma é bem difundida para outros setores, como petroquímico, refinarias, papel e celulose, dentre outros. Além disso o DFA ainda não foi implementado para uso comercial, como é a proposta deste projeto.

AGRADECIMENTOS

Sinceros agradecimentos a ENEVA pelo apoio técnico e científico, com questionamentos que fomentaram a pesquisas.

REFERÊNCIAS

1. ALTMAN, S. J.; JENSEN, R. P.; CAPPELLE, M. A.; SANCHEZ, A. L.; EVERETT, R. L.; ANDERSON JR, H. L.; MC GRATH, L. K. **Membrane treatment of side-stream cooling tower water for reduction of water usage desalination**. V. 285, p. 177- 183, 2012.
2. APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22nd ed. Washington: APHA; AWWA; WEF, 2012.
3. BAKER, R. W. **Membrane Technology and Applications**, 2º edição, John Wiley & Sons, 2004.
4. CARVALHO, D. D.; MACHADO, B. J. F. Reúso de efluentes em torres de resfriamento – Estudo conceitual: Aeroporto internacional do Rio de Janeiro. *Acta Scientiarum Technology*, v. 32, n 3, pp. 295-302, 2010.
5. DANTAS, E. **Tratamento de água de refrigeração e caldeiras**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Ecolab Química LTDA, p. 123-237, 1988.
6. EPA-Environmental Protection Agency. **Guidelines for water reuse**. Washington, D.C., 2013.

7. FRICK, J. M. **Avaliação de pré-tratamento de uma corrente de purga para um sistema de filtração por membranas de osmose inversa descartadas**. Dissertação de Mestrado, 109f. Programa de Pós Graduação em Engenharia Química/ UFRS. Porto Alegre, RS, 2013.
8. FRITZMANN, C.; LÖWENBERG, J.; WINTGENS, T.; MELIN, T. **State-of-the-art of reverse osmosis desalination**. *Desalination*, v. 216, p. 1–76, 2007.
9. HABERT, A. C.; BORGES, C. P.; NOBREGA, R. **Processos de Separação por Membranas**. E-papers Serviços Editoriais Ltda. Rio de Janeiro, pp. 180, 2006.
10. LAUTENSCHLAGER, S. R.; FERREIRA FILHO, S. S.; PEREIRA, O. **Modelação matemática e otimização operacional de processos de membrana de ultrafiltração**. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. v.14, n. 2, p. 215-222, 2009.
11. LEVERENZ, H. L.; TCHOBANOGLIOUS, G.; ASANO, T.; **Direct potable reuse: a future imperative**. *Journal of Water Reuse and Desalination*. v. 1, n. 1, p 2-10, 2011.
12. MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Água na indústria: uso racional e reúso**. Oficina de textos, São Paulo, 2005.
13. NASCIMENTO, M. A. R.; LORA, E. E. S. **Geração termelétrica: planejamento, projeto e operação**. Interciência, 2004.
14. SHANG, J.; SENG, H.; YE, C.; YAN, X. **Pilot test of UF pretreatment prior to RO for cooling tower blowdown reuse of power plant**. *Desalination*. v. 222, p. 9-16, 2008.
15. TAYLOR, J. S.; JACOBS, E. P. **Reverse osmosis and nanofiltration**. In: Joel Mallevalle et al (eds), *Water Treatment Membrane Processes*, pp. 9.1-9.70. McGraw Hill, New York, 1996.
16. WANG, Y. P.; SMITH, R. **Wastewater minimization**. *Chemical Engineering Science*. v. 49, n. 7, p. 981-1006, 1994.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Ação antrópica 131, 139, 161, 165
Acompanhamento 1, 2, 3, 6, 14, 15, 70, 133, 291, 294, 295, 335, 391
Adensamento por gravidade 92, 93, 94, 95, 99, 100, 103, 104
Água clarificada 92, 93, 94, 96, 97, 99, 100, 102, 103, 127, 128, 129, 182
Água pluvial 168, 172, 176, 247
Água salina 118, 119
Águas subterrâneas 50, 74, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 140, 386, 390
Água subterrânea 37, 383, 384, 390
Alagamento 168, 169, 170, 176, 177, 178, 179
Análise ambiental 141
Análise envoltória de dados 194, 196

B

Belém do Pará 29, 30, 31
Benchmarking métrico 194, 196
Blumenau 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167

C

Carbono orgânico total 92, 93, 94, 95, 97, 98, 100, 102, 365, 369, 370, 372, 373, 375
Coagulação 94, 98, 118, 119, 120, 121, 123, 127, 128, 129, 239, 363, 366, 369, 371, 372
Coliformes 74, 75, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 84, 90, 131, 135, 136, 138, 139, 246, 252, 288
Contaminação 55, 74, 75, 76, 81, 83, 84, 87, 89, 111, 232, 333, 334, 359
Crise hídrica 51, 52, 53, 54, 58, 59, 60

D

Desaguamento por centrifugação 92, 93, 94, 96, 100, 101, 102, 103, 104
Disponibilidade hídrica subterrânea 37, 39, 46, 48

E

Eficiência de operadoras 194
Enchentes 141, 146, 147, 150, 151, 152, 156, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 179

F

Floculação 94, 118, 119, 120, 121, 123, 125, 127, 128, 129

G

Geopolímero 180, 181, 183, 192

Geoprocessamento 141, 143, 153, 259, 261, 266, 330, 331

Gestão da demanda 51, 52, 56

Gestão da oferta 51, 52, 55, 56

J

Jica 156, 163, 164, 165, 167

L

Lodo de ETA 180, 192, 193

M

Microfiltração 118, 120, 122, 127, 128, 129

O

Obras de saneamento 25, 29

Osmose inversa 105, 106, 107, 108, 109, 110, 113, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 123, 127, 128, 129

P

Parcerias público-privadas 61, 62, 65, 71, 72, 73

Parque Lagoas do Norte 131, 132, 134

Planejamento 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 15, 17, 19, 20, 22, 23, 24, 26, 27, 30, 52, 53, 64, 73, 117, 133, 141, 143, 152, 154, 166, 167, 195, 236, 241, 256, 302, 303, 305, 310, 355, 356, 361, 391

Planejamento regional 141, 356

Plano municipal de saneamento básico 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 13, 14, 17, 19, 20, 21, 27, 140

Potencial hídrico subterrâneo 37

PPP 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72

Projeção populacional 29, 30, 31, 33, 36

Projetos de saneamento 29, 31, 36

Q

Qualidade da água 76, 91, 103, 106, 118, 119, 120, 131, 133, 134, 135, 139, 140, 216, 264, 320, 327, 330, 335, 346, 349, 353, 355, 382, 383, 384, 387

R

Recursos hídricos 18, 20, 21, 25, 28, 37, 38, 41, 42, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 56, 75, 106, 131, 132, 140, 141, 142, 152, 153, 162, 166, 167, 179, 181, 208, 218, 229, 254, 325, 327, 329, 330,

339, 340, 341, 350, 353, 355, 360, 361, 379, 382, 384, 385, 388, 389

Regulação 10, 19, 20, 22, 51, 59, 60, 63, 70, 72, 202, 313

Reserva ativa 37

Resíduos de ETA 92

Reúso 105, 106, 108, 111, 112, 116, 117, 218, 219, 220, 228, 229, 230, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389

Revisão 1, 2, 3, 5, 6, 10, 11, 12, 15, 27, 52, 54, 59, 60, 156, 162, 208, 311, 314, 362

S

Saneamento 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 35, 36, 37, 38, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 69, 70, 71, 72, 131, 133, 135, 140, 168, 179, 198, 208, 218, 221, 244, 311, 313, 314, 318, 321, 322, 323, 328, 330, 339, 340, 341, 350, 351, 358, 380

T

Teto jardim 168, 169, 170, 171, 172, 173, 176, 177, 178, 179

Torre de resfriamento 105, 108, 111, 112, 113

U

Ultrafiltração 105, 109, 110, 113, 114, 116, 120, 359

Urbano 76, 134, 143, 158, 160, 165, 166, 167, 168, 169, 179, 181, 339, 341, 350, 351, 353, 356, 381, 391

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-694-2



9 788572 476942