

ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL:

RECURSOS HÍDRICOS & TRATAMENTO DE ÁGUA

4

RAMIRO PICOLI NIPPES
(ORGANIZADOR)

ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL:

RECURSOS HÍDRICOS & TRATAMENTO DE ÁGUA

4

RAMIRO PICOLI NIPPES
(ORGANIZADOR)

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2023 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2023 Os autores

Copyright da edição © 2023 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^o Dr^a Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^o Dr^a Glécilla Colombelli de Souza Nunes – Universidade Estadual de Maringá
Prof^o Dr^a Iara Margolis Ribeiro – Universidade Federal de Pernambuco
Prof^a Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^a Dr^a Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^a Dr^a Maria José de Holanda Leite – Universidade Federal de Alagoas
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Prof. Dr. Milson dos Santos Barbosa – Universidade Tiradentes
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Dr. Nilzo Ivo Ladwig – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof^a Dr^a Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof^o Dr Ramiro Picoli Nippes – Universidade Estadual de Maringá
Prof^a Dr^a Regina Célia da Silva Barros Allil – Universidade Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Engenharia sanitária e ambiental: recursos hídricos e tratamento de água 4

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Ramiro Picoli Nippes

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
E57	Engenharia sanitária e ambiental: recursos hídricos e tratamento de água 4 / Organizador Ramiro Picoli Nippes. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-0971-7 DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.717230501 1. Engenharia sanitária e ambiental. I. Nippes, Ramiro Picoli (Organizador). II. Título. CDD 628
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

A coleção “Engenharia sanitária e ambiental: Recursos hídricos e tratamento de água 4” é uma obra composta por treze capítulos que possuem como foco principal as Ciências Naturais. O volume abordará de forma categorizada e interdisciplinar trabalhos, pesquisas, relatos de casos e/ou revisões que transitam nos vários caminhos da Engenharia Sanitária e ambiental.

O objetivo central foi apresentar de forma qualificada e clara estudos desenvolvidos em diversas instituições de ensino e pesquisa do país. Tendo como linha condutora aspectos importantes relacionado aos recursos hídricos e tratamento de água. A água é um componente vital para a humanidade e fundamental para a realização de diversas atividades em nosso cotidiano. A demanda por água potável tem sido cada vez maior, por isso, a preocupação com a preservação dos recursos hídricos, também tem crescido em igual proporção, visto que, a poluição das matrizes aquáticas é uma realidade que precisa ser contornada. Com isso, o tema do tratamento de água é uma vertente de estudo de extrema relevância para a manutenção da qualidade da água e preservação dos ecossistemas aquáticos.


Nesse contexto, a obra Engenharia sanitária e ambiental: Recursos hídricos e tratamento de água 4 aborda temas atuais com enfoque principal nos recursos hídricos e nos tratamentos de água. O principal intuito é fornecer dados importantes e de interesse para a comunidade científica. Os estudos englobam desde as práticas de educação ambiental até estudos mais aplicados de reuso de água e otimização do monitoramento de água. Os artigos selecionados para esta coleção são bem fundamentados nos resultados práticos obtidos e nas discussões desenvolvidas. Os dados apresentados estão muito bem organizados de forma clara e didática.

Sabemos o quão importante é a divulgação científica, por isso evidenciamos também a estrutura da Atena Editora capaz de oferecer uma plataforma consolidada e confiável para estes pesquisadores exporem e divulguem seus resultados.

Ramiro Picoli Nippes

CAPÍTULO 1 1**ÁGUA NA ESCOLA: AÇÕES AMBIENTAIS**

Maria Cristina Bueno Coelho
 Mauro Luiz Erpen
 Wádilla Moraes Rodrigues
 Juliana Barilli
 Marilene Alves Ramos Dias
 Maurilio Antonio Varavallo
 Damiana Beatriz da Silva
 Henrique da Silva Fernandes
 Marcos Giongo
 Hellen Cristina de Freitas
 André Ferreira dos Santos
 Brenda Raiane Lopes do Nascimento

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7172305011>

CAPÍTULO 2 12**CAIXA TERMOPLÁSTICA - UMA ALTERNATIVA PARA INSTALAÇÃO DE VENTOSA EM REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA**

Eliane Xavier
 Amaçuilto Leoncio de Queiroz
 Zaqueu Mesquita Militão

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7172305012>


CAPÍTULO 3 21**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE REÚSO DE ÁGUAS CINZAS EM UM EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR EM SANTA MARIA – RS**

Vitória Tesser Martin
 Guilherme Silveira Baptista
 Liriane Élen Böck
 Bibiana Peruzzo Bulé
 Cristiano Gabriel Persch
 Rutineia Tassi
 Daniel Gustavo Allasia Piccilli

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7172305013>

CAPÍTULO 4 33**DISCUSSÃO SOBRE LOGÍSTICA REVERSA E O DESCARTE INADEQUADO DAS EMBALAGENS NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO COM ENFOQUE NO RIO PINHEIROS**


Eliana Bôa Ventura

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7172305014>

CAPÍTULO 5 47**PIPERS®: DETECÇÃO DE VAZAMENTOS E AVALIAÇÃO DE INTEGRIDADE**

DE ADUTORAS USANDO SENSORES INTERNOS COM LINHA EM CARGA

Felipe Chagas de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7172305015>


CAPÍTULO 668

ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DO RIO BUBU, CARIACICA ESPÍRITO SANTO

Larissa Bueno Rocha

Rebeca Gonçalves Freire

Aline Gonçalves Louzada

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7172305016>

CAPÍTULO 780


OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE MONITORAMENTO, ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA *PI VISION*

Luis Felipe Correia Palma

Eliane Xavier

Daniel Gomes da Rocha

Rodrigo de Araujo Balduino

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7172305017>


CAPÍTULO 888

ANÁLISE SOBRE VERTICALIZAÇÃO E SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS

Suzyanne Negreiros Figueiredo

Juciely Leite Costa Cortez

Ana Lúcia Barros de Andrade

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7172305018>

CAPÍTULO 9 106

ESTUDO DE CASO SOBRE ALAGAMENTOS URBANOS NA AVENIDA JK EM FOZ DO IGUAÇU - PR


Kleber G. Ramirez

Bianca G. dos S. Dezen

Fernanda Rubio

Jiam P. Frigo

Mara R. Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7172305019>


CAPÍTULO 10.....117

ATUALIZAÇÃO REGULATÓRIA DO SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL: AVANÇOS E DESAFIOS

Cristiane Gracieli Kloth


Flávio José Simioni

Rubens Staloch

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.71723050110>


CAPÍTULO 11 135**ATENDIMENTO CONSULTIVO – UGR JARDINS**

Jéssica Cristina dos Anjos
Osmar Brandão dos Santos
Gabriel da Silva Leite

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.71723050111>


CAPÍTULO 12..... 144**MAPEAMENTO E LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO PARA
REGULARIZAÇÃO DE ÁREAS COM UTILIZAÇÃO DE DRONES**

Daniel Gomes da Rocha
Rodrigo de Araujo Balduino
Cássio José Barth

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.71723050112>

CAPÍTULO 13..... 154**UMA ANÁLISE SOBRE AS PRINCIPAIS ANOMALIAS ENCONTRADAS NA
BARRAGEM DE LUCRÉCIA, NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE,
BRASIL**

Eduardo Barcelos Bontempo Filho
Fernanda Moraes Lima
Vera Lucia Rodrigues Cirilo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.71723050113>

SOBRE O ORGANIZADOR 164**ÍNDICE REMISSIVO 165**

CAPÍTULO 3

ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE REÚSO DE ÁGUAS CINZAS EM UM EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR EM SANTA MARIA – RS

Data de submissão: 08/11/2022

Data de aceite: 02/01/2023

Vitória Tesser Martin

Universidade Federal de Santa Maria –
UFSM
Santa Maria – RS
<http://lattes.cnpq.br/7446567394981591>

Guilherme Silveira Baptista

Universidade Federal de Santa Maria –
UFSM
Santa Maria – RS
<http://lattes.cnpq.br/3045259604412939>

Liriane Élen Böck

Universidade Federal de Santa Maria –
UFSM
Santa Maria – RS
<http://lattes.cnpq.br/3024823963661986>

Bibiana Peruzzo Bulé

Universidade Federal de Santa Maria –
UFSM
Santa Maria – RS
<http://lattes.cnpq.br/4315728588764370>

Cristiano Gabriel Persch

Universidade Federal do Mato Grosso -
UFMT
Cuiabá - MT
<http://lattes.cnpq.br/3427155717569020>

Rutineia Tassi

Universidade Federal de Santa Maria –
UFSM
Santa Maria – RS
<http://lattes.cnpq.br/7584743367186364>

Daniel Gustavo Allasia Piccilli

Universidade Federal de Santa Maria –
UFSM
Santa Maria – RS
<http://lattes.cnpq.br/3858010328968944>

RESUMO: Impulsionada pelo contexto de crescimento populacional, mudanças climáticas, desenvolvimento urbano, industrial e agrícola, a pressão sobre os recursos hídricos atinge níveis que comprometem a sua preservação, sobretudo em centros urbanos. A redução do uso de água potável nas edificações por meio do uso de fontes alternativas para atividades que não exijam potabilidade é uma solução promissora para construções mais sustentáveis. Dentre as fontes alternativas, destacam-se as águas cinzas. Neste trabalho foi avaliada a viabilidade técnica e econômica de implantação de um sistema de reúso de águas cinzas (RAC) em uma edificação multifamiliar localizada

em Santa Maria - RS. Foram elaborados projetos de instalações hidrossanitárias para um sistema convencional e para o mesmo sistema com adaptações para o reúso de águas cinzas, incluindo as instalações de água fria e de esgoto sanitário. Foram realizados orçamentos para as duas concepções de instalações e foi analisado o período de retorno do investimento necessário para a implantação do sistema de RAC. Verificou-se que a implantação do sistema aumentaria em mais de 33% o custo das instalações hidrossanitárias em comparação com o sistema convencional, contudo o investimento seria pago em 7,5 anos, com uma economia mensal de 210 m³ de água potável.

PALAVRAS-CHAVE: Instalações hidrossanitárias; reúso de águas cinzas; sustentabilidade.

ANALYSIS OF THE TECHNICAL AND ECONOMIC FEASIBILITY OF IMPLEMENTATION OF A GRAY WATER REUSE SYSTEM IN A MULTIFAMILY BUILDING IN SANTA MARIA – RS

ABSTRACT: Driven by the context of population growth, climate change, urban, industrial and agricultural development, the pressure upon water resources reaches a level that threatens its preservation. Reducing the consumption of drinking water in edifices by using alternative sources of water for activities that do not require potability is a promising solution for more sustainable buildings. Among the existing alternative sources, greywater stands out. In this work, the technical and economic feasibility of implementing a greywater reuse system (RAC) in a multifamily residential building located in Santa Maria - RS was evaluated. Plumbing systems were designed for a conventional installation and for an alternative system, including cold water and sanitary sewage. Budgets were made for the two conceptions evaluated and the return on investment necessary for the implementation of the RAC system was analyzed. The implementation of the alternative system would increase the cost of water/sanitary installations by more than 33% compared to the conventional system, however it would also enable a monthly economy of 210 m³ of potable water, thus the investment would return in 7,5 years.

KEYWORDS: Reuse of gray water; sustainability; hydrosanitary facilities.

1 | INTRODUÇÃO

O Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos de 2020 aponta que o consumo mundial de água aumentou em seis vezes nos últimos cem anos, e continua a crescer a uma taxa constante de 1% ao ano, resultado do crescimento populacional, do desenvolvimento econômico e das mudanças nos padrões de consumo (WWAP/ONU, 2020). Essa crescente demanda, aliada às mudanças climáticas e ações antrópicas, está agravando a situação de regiões que já sofrem com a escassez hídrica, e reduzindo a disponibilidade de água em locais onde os recursos hídricos ainda são abundantes (Alves et al., 2021; IPCC, 2022; WMO, 2022). No cenário brasileiro, a crescente demanda por água também é uma realidade, sendo o abastecimento urbano o uso com segunda maior retirada de água em 2020 (ANA, 2021, SNIS, 2019a). No entanto, a disponibilidade de água no território brasileiro é desigual (Hafner, 2007), de forma que a maior parte da população vive com segurança hídrica média (42%) ou baixa (26%) (ANA,

2021b). Diante desse contexto, torna-se fundamental a utilização de práticas alternativas que prezem pelo controle da demanda de água e seu uso racional. O reúso das águas nas edificações é considerado uma fonte alternativa para atender demandas menos restritivas, especialmente o reúso das águas cinzas claras, provenientes de chuveiros, banheiras, lavatórios, tanques e máquinas de lavar roupa (ABNT, 2019b). Por se tratar de água não potável, as águas de reúso podem ser utilizadas para usos menos nobres, tais como irrigação, lavagem ou descargas de bacias sanitárias, promover um abastecimento alternativo em usos que não oferecem riscos à saúde humana, garantindo a preservação da água potável para o atendimento de necessidades que exijam potabilidade (ANA et al., 2005; Gross et al., 2015; May, 2009; Vuppaladadiyam et al., 2019; Yoonus et al., 2020). No entanto, são escassos os estudos referentes a análises de viabilidade técnica e econômica de sistemas de reúso de águas cinzas em edifícios residenciais no Brasil (Sant' Ana; Medeiros, 2017). O presente trabalho apresenta um estudo de viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema predial de reúso de águas cinzas em um edifício residencial multifamiliar localizado na cidade de Santa Maria – Rio Grande do Sul. Foram realizados os projetos técnicos necessários para as instalações da edificação caso a água potável fosse utilizada para todos os fins como em um projeto convencional (CON) e um projeto alternativo que incluiu a coleta, armazenamento, tratamento e distribuição da água cinza para fins não potáveis nas descargas de bacias sanitárias e na limpeza de áreas comuns da edificação (projeto RAC), analisando as adaptações estruturais e arquitetônicas necessárias. Também foi avaliada a viabilidade econômica através da quantificação de todos os custos necessários para a implementação e manutenção do sistema de reúso, da economia devido à redução do consumo de água potável. Por fim, analisou-se o retorno financeiro do investimento necessário para implantação do sistema com RAC

2 | METODOLOGIA

2.1 Edificação em estudo

Considerando a tipologia de edificações existentes na cidade de Santa Maria, município da região central do Estado do Rio Grande do Sul, selecionou-se um projeto arquitetônico de um edifício multifamiliar com 10 pavimentos, sendo 4 apartamentos de 67 m² por pavimento (Figura 1). Destaca-se que no projeto arquitetônico já foram previstos 2 *shafts* em cada apartamento, ou seja, aberturas verticais destinadas à passagem de tubulações hidráulicas, 1 nos banheiros e 1 na cozinha. Para fins de cálculo de consumo de água, foi utilizado como valor de referência dois habitantes por dormitório.

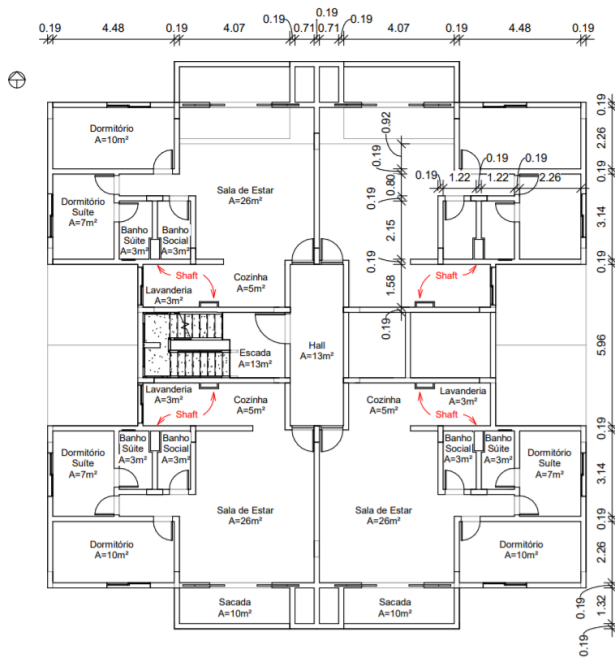


Figura 1 – Planta baixa do pavimento tipo do edifício.

2.2 Critérios para o projeto hidrossanitário convencional (CON)

As instalações prediais de água fria, água quente, esgoto sanitário e águas pluviais foram traçadas e dimensionadas de maneira compatível com o projeto arquitetônico, priorizando a solução técnica-economicamente mais viável durante o processo de escolha de material, traçado e dimensionamento. Para a medição do consumo de água, considerou-se hidrômetros individuais posicionados no pavimento técnico localizado na cobertura, resultando em colunas individuais de distribuição de água potável para cada unidade autônoma. Foi utilizado o PVC rígido soldável para as tubulações e conexões para o sistema de alimentação e distribuição de água fria, e nos projetos de água quente optou-se pelo CPVC. As instalações de água fria e de água quente foram projetadas de acordo com as instruções da NBR 5626 (ABNT, 2020), com dimensionamento conforme sugerido na sua versão anterior de 1998 (ABNT, 1998), visto que a atual versão da norma não contempla uma metodologia de dimensionamento das tubulações de distribuição de água. Para o dimensionamento do ramal predial e dos volumes dos reservatórios, foi considerado o consumo de água per capita de 160 L.hab-1.dia-1, de acordo com o consumo médio de água de 148,2 L.hab-1.dia-1 para o estado do Rio Grande do Sul, apontado pelo Diagnóstico SNIS dos Serviços de Água e Esgotos (2019), adicionado de uma parcela de consumo para a limpeza de pisos em áreas comuns do edifício. Quanto às instalações de esgoto sanitário, o projeto foi realizado de acordo com a NBR 8160 (ABNT, 1999), com o dimensionamento

das tubulações realizado através do Método das Unidades Hunter de Contribuição (UHC) sugerido pela norma, considerando o PVC.

2.3 Critérios para o projeto hidrossanitário com reúso de águas cinzas (RAC)

Para viabilizar o reúso de águas cinzas, foi necessário realizar alterações no projeto hidrossanitário convencional de água fria e de esgotamento sanitário da edificação, de acordo com as premissas da NBR 16782 (ABNT, 2019a) e da NBR 16783 (ABNT, 2019b). O sistema de reúso de águas cinzas foi concebido através da utilização das águas cinzas provenientes dos chuveiros e lavatórios para fins de descarga nas bacias sanitárias e lavagem de pisos de áreas comuns do edifício. O dimensionamento do sistema de coleta de águas cinzas foi realizado de forma semelhante ao de esgoto sanitário, através do método UHC sugerido pela NBR 8160 (ABNT, 1999). Para o tratamento das águas cinzas, selecionou-se uma Estação Compacta de Tratamento de Águas Cinzas (ETAC) disponível comercialmente. Além disso, para viabilizar a utilização de água não potável nas bacias sanitárias e limpezas de áreas comuns com distribuição por gravidade, foi necessária a introdução de um reservatório superior para armazenamento de águas cinzas após tratamento, de um sistema elevatório independente do sistema de água potável, e uma rede de distribuição de água não potável, que também implicou em modificações do projeto de água fria potável elaborado previamente. A demanda de água não potável foi estimada através do percentual médio dos valores de referência apresentados em diferentes estudos (Tabela 1), e a rede de distribuição de água cinzas tratadas até os pontos de utilização foi dimensionada de forma semelhante à rede de água potável, através do método dos pesos relativos proposto na versão de 1998 da NBR 5626 (ABNT, 1998).

Autor	Bacia Sanitária	Chuveiro	Lavatório	Áreas Externas
HAFNER (2007)	22	37	7	3
IKEDO apud PETERS (2006)	33	25	-	-
ALMEIDA et al apud PETERS (2006)	31	12	13	-
Empreend. Horizontal MIERZWA et al (2006)	7	55	15	3
Empreend. Vertical MIERZWA et al (2006)	8	61	17	0
OLIVEIRA (2004) apud OLIVEIRA (2006)	41	37	-	7
Residência 1 OLIVEIRA (2005)	30	33	3	-
Residência 2 OLIVEIRA (2005)	26	46	7	-
LINDSTROM (2004) apud FIORI (2005)	40	30	-	-
SANTOS (2002) apud FIORI (2005)	5	55	-	-
TOMAZ (2000) apud FIORI (2005)	35	27	6	3
MIELI (2001) apud BAZZARELA (2005)	20	20	20	10
USP apud DECA (2008)	29	28	6	-

IPT apud DECA (2008)	5	54	7	-
BARRETO (2008)	5,5	13,9	4,2	-
GISHI e FERREIRA (2007)	21,9	14,9	10,6	-
GUISHI e OLIVEIRA (2007)	28	39,2	2,25	-
FIORI e PIZZO (2008)	-	48,2	14,9	-
MÉDIA	23	35	9	4

Tabela 1 – Distribuição do consumo de água nas residências, em % com relação ao consumo diário adaptado de Costa e Ilha (2009) apud Biazus (2015).

Foi considerado um dispositivo *by-pass* do sistema de tratamento conectado ao sistema de esgotamento sanitário para a realização de manobras hidráulicas em situações de manutenção ou de emergência.

2.4 Análise econômica

Com o objetivo de analisar o acréscimo dos custos de fornecimento e implantação das instalações hidrossanitárias em função da adoção do sistema de reúso de águas cinzas em comparação com um sistema convencional, realizou-se o orçamento para as duas tipologias de instalações analisadas nesse estudo: CON e RAC. Os custos foram levantados considerando o material, a mão de obra de instalação e custos de manutenção. Os orçamentos foram elaborados a partir dos custos unitários de fornecimento e de instalação desonerados obtidos na tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI do mês de dezembro de 2020. Já o custo das componentes do sistema de tratamento de águas cinzas foi obtido a partir de cotação com fornecedores comerciais. Para estimar o tempo necessário para que o valor de investimento inicial para a instalação e manutenção do sistema de RAC fosse recuperado e, a partir desse momento, passasse a produzir retorno financeiro (período de retorno do investimento), utilizou-se o método do *payback* descontado, considerando a atualização mensal do valor investido a partir da taxa mínima de atratividade de 0,17% ao mês, valor médio da poupança para o ano de 2020. A diferença entre os custos do sistema COM e RAC foi considerada para a realização de todas as análises. A contabilização dos benefícios ocorreu a partir da economia mensal de água potável, obtida a partir do sistema tarifário da Companhia Riograndense de Saneamento – CORSAN em vigência a partir de outubro de 2020, considerando o volume de água economizado por mês em decorrência da implantação do sistema e da demanda estipulada. Em relação aos custos, considerou-se os de funcionamento e manutenção do sistema em decorrência dos gastos de energia elétrica em função do funcionamento das bombas de recalque do sistema de reúso de águas cinzas, a partir das tarifas vigentes a partir de outubro de 2020 homologadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, e de produtos químicos para o tratamento de águas cinzas cotados com empresas fornecedoras.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Edificação em estudo

A população estimada para a edificação foi de 160 habitantes, resultando em um consumo de água diário igual a 25.600 L. O traçado e o diâmetro das tubulações de água fria e de água quente dos apartamentos foi padronizado, através da utilização de tubulações comumente utilizadas em áreas internas, com 25 mm e 22 mm de diâmetro, respectivamente, e optou-se por aquecedores de passagem à gás (GLP) individuais para o sistema de aquecimento de água. Em relação às instalações de esgoto sanitário, foram utilizados os *shafts* dos banheiros e das cozinhas para alocar os tubos de queda que recebem os efluentes dos banheiros, lavanderias e cozinhas, todos dotados com ventilação secundária, além do uso de ventilação primária.

3.2 Projeto com reúso de águas cinzas

A adaptação do projeto de instalações de esgoto sanitário para coleta de águas cinzas ocorreu através da inserção de um tubo de queda de 100 mm nos *shafts* dos banheiros, responsável por receber os efluentes provenientes das caixas sifonadas dos banheiros, essas conectadas aos lavatórios e chuveiros. Os ramais de descarga das bacias sanitárias foram ligados aos tubos de queda já existentes no projeto CON. Manteve-se o sistema de ventilação das caixas sifonadas, com a inserção de um ramal de ventilação do tubo de queda que conduz águas negras. A Figura 2 apresenta a disposição das tubulações de esgoto sanitário, de coleta de águas cinzas e de ventilação localizadas nos banheiros. A Estação Compacta de Tratamento de Águas Cinzas (ETAC) comercial foi posicionada no pavimento térreo, com capacidade de tratamento de 1.000 L.h⁻¹, valor condizente com o volume de águas cinzas produzidas diariamente.

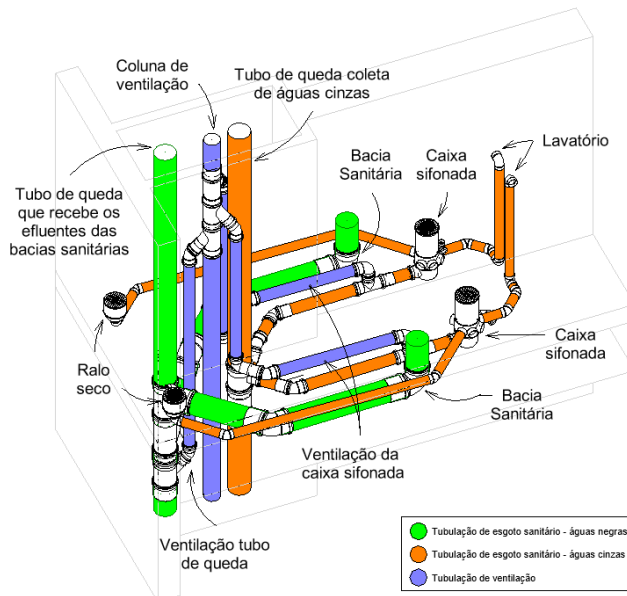


Figura 2 – Esquema de coleta de águas cinzas nos banheiros dos apartamentos.

Mantendo os parâmetros de população de projeto e consumo diário per capita de água do projeto convencional para o sistema de RAC, estima-se a produção diária de 11.300 litros de águas cinzas, e o consumo de 7.000 litros de águas cinzas tratadas. Adotou-se um sistema de distribuição indireto das águas cinzas tratadas para os pontos de consumo, com um reservatório inferior localizado no térreo, com capacidade de armazenamento de 5.000 L, e um superior alocado no pavimento técnico, com capacidade de 7.500 L e com alimentação alternativa de água potável. Para o recalque da água tratada até o reservatório de distribuição, optou-se por uma bomba de 0,25 CV que deverá funcionar 6 horas por dia. Próximo ao ponto de utilização da bacia sanitária, foi prevista uma espera de água potável caso o usuário opte pela não utilização de água não potável na descarga da bacia sanitária, conforme a Figura 3 que exemplifica o sistema de distribuição de água CON e RAC no banheiro social.

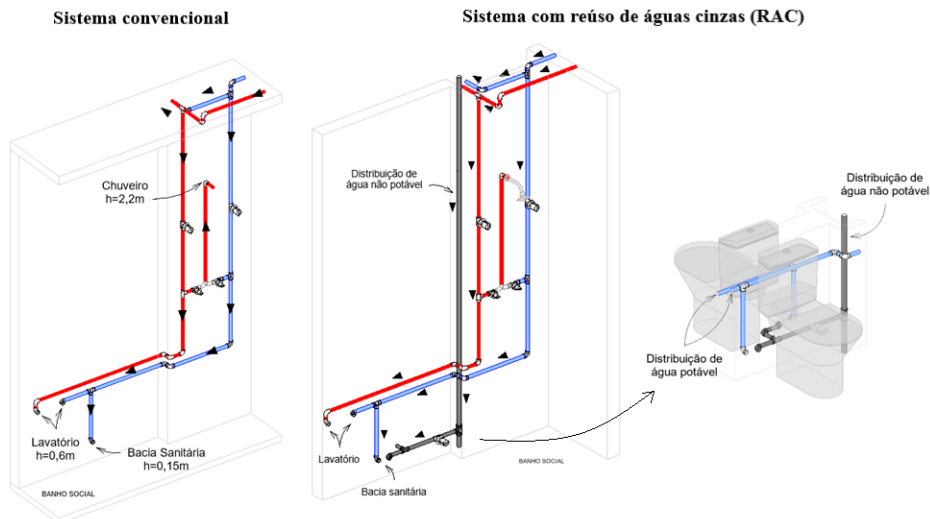


Figura 3 – Esquema de sistema de distribuição de água CON e RAC no banheiro social dos apartamentos.

3.3 Análise econômica

Os acréscimos percentuais de custos de implantação do projeto concebido com a adoção de sistema de reúso de águas cinzas (RAC) em comparação com uma concepção convencional (COM) são apresentados na Tabela 2. O acréscimo do custo de fornecimento e instalação do sistema hidrossanitário com previsão para reúso de águas cinzas em relação às instalações convencionais foi de 33%. A ETAC foi o componente de maior valor do sistema, representando 68% do aumento dos custos. Ressalta-se que, para sistema com RAC, houve alteração nos projetos e nas quantidades dos elementos (tubos, conexões, válvulas etc.) das instalações de esgoto sanitário, água fria, e a necessidade de incorporar um sistema elevatório adicional. Os sistemas de águas pluviais e de água quente não precisaram ser alterados.

Água Fria	Água Quente	Esgoto Sanitário	Águas Pluviais	Custo Total
9,76%	0,00%	98,75%	0,00%	33,16%

Tabela 2 – Acréscimo percentual de custos de fornecimento e implantação de instalações hidrossanitárias com sistema de reúso de águas cinzas em relação às instalações convencionais.

Em relação ao período de retorno do investimento necessário para cobrir os custos adicionais com a implantação do sistema de reúso de águas cinzas, o tempo de retorno é estimado em 7,5 anos, representando uma economia média mensal de água potável de 210 m³.

4 | DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Visando a avaliação do potencial de implementação de práticas alternativas que prezem pelo controle da demanda de água e seu uso racional no meio urbano, este estudo objetivou a análise da viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema de reúso de águas cinzas em um edifício residencial multifamiliar. Foi possível incluir o sistema de reúso de águas cinzas e de distribuição de água não potável sem a necessidade de adaptações arquitetônicas e estruturais, tendo em vista que o projeto arquitetônico já previa espaços adequados para a passagem das tubulações. Contudo, foram necessárias modificações significativas nas instalações de água fria e de esgotamento sanitário, a fim de possibilitar a coleta, armazenamento, tratamento e distribuição da água cinza tratada. Em relação à análise econômica, o sistema com reúso de águas cinzas representou um aumento de mais de 33% no custo de fornecimento e instalação, em comparação com as instalações hidrossanitárias convencionais. Apesar disso, esse sistema se mostrou capaz de atender 100% da demanda de água em descargas de bacias sanitárias e lavagem de pisos em áreas comuns do edifício analisado. Dessa forma, esse investimento teria retorno após 7 anos e 6 meses de sua implementação. Embora o investimento inicial para implantação do sistema seja significativo comparado ao custo total das instalações hidrossanitárias na edificação, a sua eficiência para o caso estudado implica em uma economia mensal de 210 m³ de água potável para o edifício, o que representa mais de 25% da demanda de água potável em um sistema convencional. Também se destaca que a economia de água potável também acarreta benefícios ambientais, cujos valores não foram avaliados neste estudo

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

ALVES, L.M.; CHADWICK, R.; MOISE, A.; BROWN, J.; MARENGO, J. A. **Assessment of rainfall variability and future change in Brazil across multiple timescales**. International Journal of Climatology. 2021.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Relatório de Conjuntura de recursos hídricos no Brasil**. Brasília - DF. ANA. 2021a.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Atlas Águas (2021): segurança hídrica do abastecimento urbano**. Brasília - DF. ANA. 2021b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626: Instalação predial de água fria**, Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626: Sistemas prediais de água fria e água quente - Projeto, execução, operação e manutenção.** Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160: Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto execução.** Rio de Janeiro, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais.** Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16782: Conservação de água em edificações - Requisitos, procedimentos e diretrizes.** Rio de Janeiro, 2019a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16783: Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações.** Rio de Janeiro, 2019b.

BEZERRA, V. R. et al. **Soluções Sustentáveis No Uso De Águas Subterrâneas Na Cidade De João Pessoa – Pb.** MIX Sustentável, v. 6, n. 3, p. 19–26. 2020.

BLAZUS, A. C. **Reúso de águas cinzas para fins não potáveis em edificação residencial multifamiliar.** Passo Fundo - RS. p. 77. 2015.

COSTA, C. H. A.; ILHA, M. S. O. **Legislação para aproveitamento de águas cinzas em edifícios residenciais: o caso da cidade de Guarulhos.** XI Simpósio Nacional de Sistemas Prediais - SISPREL. Paraná, Brasil, 2009

GROSS, A.; MAIMON, A.; ALFIYA, Y.; FRIEDLER, E. **Greywater Reuse.** CCR Press. Boca Raton, FL, EUA, 283 p. 2015.

HAFNER, A. V. **Conservação e reúso de água em edificações - experiências nacionais e internacionais.** Journal of Chemical Information and Modeling, v. 53, n. 9, p. 1689–1699. 2007.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Chapter 4: Water,** in Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Org. por Caretta, M.A., A. Mukherji. Cambridge University Press. In Press, 213 p. 2022.

MAY, S. **Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) - USP, São Paulo - SP, 200 p. 2009.

ROMAN, C. A. **Controle da drenagem na fonte e sua compatibilização ao plano municipal de saneamento ambiental de Santa Maria.** Dissertação (Mestrado), p. 151, 2015.

SANT'ANA, D. R.; MEDEIROS, L. B. P. **Aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinzas em edificações: padrões de qualidade, critérios de instalação e manutenção.** Relatório técnico. UNB, Brasília-DF. 2017.

SNIS. **Abastecimento de água.** Journal of Chemical Information and Modeling, v. 53, n. 9, p. 1689–1699. 2019a.

SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto**. Journal of Chemical Information and Modeling, v. 53, n. 9, p. 1689–1699, 2019b.

VUPPALADADIYAM, A.K.; MERAYO, N.; PRINSEN, P. et al. **A review on greywater reuse: quality, risks, barriers and global scenarios**. Reviews in Environmental Science and Bio/Technology, v. 18, p. 77–99, mar. 2019.

WMO – World Meteorological Organization. **State of Global Climate 2021**. WMO, 57 p. 2022.

WWAP/ONU. **Água E Mudança Climática. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos**. UNESCO World Water Assessment Programme, 12 p. 2021.

YOONUS, H.; AL-GHAMDI, S.G. **Environmental performance of building integrated grey water reuse systems based on Life-Cycle Assessment: A systematic and bibliographic analysis**. Science of The Total Environment. v. 712, n. 136535, abr. 2020.

A

Abastecimento de água 12, 13, 14, 20, 31, 81, 89, 117, 119, 120, 121, 122, 123, 129, 144, 145, 146, 153

Acordo setorial 33, 35, 36, 37, 41, 44, 45, 46

Adutoras 47, 48, 67

Água 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 43, 44, 47, 54, 55, 62, 63, 66, 68, 69, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 86, 88, 89, 91, 94, 96, 97, 98, 103, 104, 110, 113, 115, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 125, 126, 129, 132, 134, 135, 136, 138, 144, 145, 146, 153

Águas pluviais 24, 29, 31, 106, 116, 123

Alagamentos 106, 107, 108, 111, 113, 114, 115

Atendimento consultivo 135, 136, 137, 138, 142, 143

Avaliação 4, 30, 44, 45, 47, 52, 56, 70, 78, 79, 88, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 116, 133, 134, 154, 157, 160, 163

B

Bacias hidrográficas 1, 2, 8, 9, 10, 69, 107

C

Caixa termoplástica 12, 13, 16, 18

Classificação 79, 102, 109, 110, 116, 145, 154, 157

Clientes 12, 19, 135, 136, 137, 138, 140, 141

Coliformes termotolerantes 68, 72, 75, 76, 77, 78

Consciência ambiental 2, 11, 93

D

Dados planialtimétricos 144

Desenvolvimento urbano 21, 90, 118, 123, 134

Disposição final inadequada 33

Distribuição de água 12, 13, 20, 24, 25, 28, 29, 30, 79, 80, 120, 153

Drones 144, 145, 146

E

Educação ambiental 1, 2, 3, 4, 6, 11, 33, 36, 44, 45

Esgotamento sanitário 25, 26, 30, 117, 120, 122, 123, 129, 133

F

Fiscalização 16, 78, 96, 115, 126, 128, 154, 156

G

Geoprocessamento 106, 107

Gestão de perdas 12

H

Hidrologia 106, 116

I

Impactos ambientais 88, 89, 91, 92, 94, 95, 97, 98, 99, 100, 103

Integridade 47

L

Logística reversa 33, 35, 36, 38, 39, 44, 45, 46

M

Marco regulatório 119, 120, 130

Meio ambiente 1, 2, 3, 4, 7, 8, 12, 38, 39, 44, 45, 68, 70, 78, 79, 88, 89, 91, 92, 95, 96, 97, 98, 100, 101, 103, 104, 105, 106, 118, 119, 120, 127, 133, 134, 164

Micro-vazamentos 47

Mitigação 96, 99, 144

Monitoramento 14, 17, 47, 48, 67, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 96, 116, 154, 156, 160, 163, 166

O

Otimização 80, 81, 144

P

Política ambiental 117

Potabilidade 21, 23, 76

R

Reciclagem 33, 34, 35, 36, 40, 41, 96, 97, 99, 100, 101

Recursos hídricos 2, 3, 21, 22, 30, 32, 68, 70, 89, 104, 123, 125, 126, 130, 131, 133

Redução de perdas 126, 144, 145

Regularização de áreas 144, 145

Resíduos sólidos urbanos 33, 39, 41, 45

S

Saneamento básico 68, 70, 71, 78, 110, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 132, 133, 134, 135, 145

Saúde ambiental 117

Segurança 19, 22, 30, 50, 82, 154, 155, 156, 157, 159, 160, 162, 163

Sustentabilidade 11, 22, 34, 43, 46, 92, 93, 94, 95, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 104, 116, 127

T

Treinamentos 135, 137, 138, 143

U

Urbanização 68, 95, 106, 107, 110, 115, 118, 120, 121, 127, 131

V

Válvulas 12, 13, 29, 50, 81

Vazamentos 12, 47, 48, 49, 51, 52, 67, 145

Ventosa 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 50

Verificação 17, 64, 83, 85, 89, 110

ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL:

RECURSOS HÍDRICOS & TRATAMENTO DE ÁGUA

4

- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 @atenaeditora
- 📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL:

RECURSOS HÍDRICOS & TRATAMENTO DE ÁGUA

4

- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
- 📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br