

Campus Nilópolis

Programa de Pós Graduação

Clayton Lameiras Bomfim

**LEVANTAMENTO DE MEDIDAS DE REDUÇÃO  
DE USO DE ÁGUA POR INDÚSTRIAS  
HIDROINTENSIVAS LOCALIZADAS NA REGIÃO  
HIDROGRÁFICA II (RHII - GUANDU) DO  
ESTADO DO RIO DE JANEIRO, A PARTIR DA  
CRISE HÍDRICA DE 2014-2015**

Nilópolis

2022

CLAYTON LAMEIRAS BOMFIM

LEVANTAMENTO DE MEDIDAS DE REDUÇÃO DE USO DE ÁGUA POR  
INDÚSTRIAS HIDROINTENSIVAS LOCALIZADAS NA REGIÃO HIDROGRÁFICA II  
(RHII - GUANDU) DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, A PARTIR DA CRISE  
HÍDRICA DE 2014-2015

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Instituto Federal do Rio de Janeiro, como requisito  
para a obtenção do grau de Pós Graduação em  
Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Passos Louzada

Nilópolis  
2022

## CIP - Catalogação na Publicação

B695l Bomfim, Clayton Lameiras

Levantamento de medidas de redução de uso de água por indústrias hidroativas localizadas na Região Hidrográfica II (RHII - Guandu) do Estado do Rio de Janeiro, a partir da crise hídrica de 2014-2015 / Clayton Lameiras Bomfim - Nilópolis, 2022. 107 f. : il. ; 30 cm.

Orientação: Marco Aurélio Passos Louzada.

Trabalho de Conclusão de Curso (especialização), Especialização em Gestão Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Campus Nilópolis, 2022.

1. Recursos hídricos - Rio de Janeiro (Estado). 2. Gestão de recursos hídricos. 3. Água - Indústria. 4. Abastecimento de água. I. Louzada, Marco Aurélio Passos, **orient.** II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro. III. Título

Elaborado pelo Módulo Ficha Catalográfica do Sistema Intranet do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro - Campus Volta Redonda e Modificado pelo Campus Nilópolis/LAC, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Bibliotecária: Josiane B. Pacheco CRB-7/4615

CLAYTON LAMEIRAS BOMFIM

LEVANTAMENTO DE MEDIDAS DE REDUÇÃO DE USO DE ÁGUA POR  
INDÚSTRIAS HIDROINTENSIVAS LOCALIZADAS NA REGIÃO HIDROGRÁFICA II  
(RHII - GUANDU) DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, A PARTIR DA CRISE  
HÍDRICA DE 2014-2015

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Instituto Federal do Rio de Janeiro, como  
requisito para a obtenção do grau de  
Especialista em Gestão Ambiental.

Aprovado em 13 / 07 / 2022.

BANCA EXAMINADORA



---

Prof. Dr. Marco Aurélio Passos Louzada - (Orientador)  
Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ)



---

Prof. Dr. Luígia Girardi Bastos Reis de Araújo  
Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ)



---

Prof. MSc Alexandre Hiroyuki Kubota  
Instituto Brasileiro da Qualidade Nuclear (IBQN)

Dedico esse trabalho a minha linda esposa pelo seu companheirismo e por me incentivar a nunca desistir dos meus objetivos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por me conceder força e sabedoria para vencer mais essa etapa na minha vida. A Ele toda honra glória e louvores.

A minha maravilhosa esposa Evelyn pelo carinho e companheirismo e cuidado principalmente nessa reta final que foi o período mais difícil e literalmente doloroso.

A minha linda filhinha Laurinha, grande fonte de inspiração de cada manhã.

A minha querida avó, que hoje descansa, pelo empenho em direcionar os netos ao acesso a educação.

Aos meus pais, Claudir e Dineys, por me conduzirem a um caminho de honestidade.

A minha sobrinha Emely por toda paciência nesse período difícil em que me recuperava de uma intervenção cirúrgica.

Ao meu orientador Marco, que pela segunda vez assumiu o desafio de me orientar no trabalho de conclusão, agradeço pelo apoio e paciência.

A cada um dos professores do IFRJ pelo compartilhamento do conhecimento que é essencial para a formação do discente.

Ao meu amigo Helton que me incentivou a ingressar no curso de Pós Graduação insistentemente.

A cada um dos nobres colegas da pós, pela troca de experiências, de conhecimento e principalmente pela amizade.

## RESUMO

A crise hídrica tem se revelado nas últimas décadas como um grave problema que já atinge diversos países em praticamente todos os continentes, tornando-se um fenômeno com impactos imensuráveis e de proporções globais, gerando grandes implicações sobre diversos aspectos, dentre eles, econômicos. Quase todas as empresas estão potencialmente expostas a problemas associados à água, independentemente do setor em que se encontram ou dos métodos de produção que empregam. No entanto, certas indústrias enfrentam desafios significativos relacionados com a água, seja por sua demanda considerável (o que exige grandes quantidades de água, fontes extremamente limpas de água, ou ambos) ou pelo descarte de efluentes. Atualmente muitas indústrias vêm intensificando seu compromisso com as questões ambientais principalmente no que tange sobre a gestão sustentável dos recursos hídricos, esse setor vem se adaptando ao atual cenário de recorrentes crises hídricas através da implementação de tecnologias que possibilitam a redução do consumo de água e ao mesmo tempo mantém a produtividade da empresa sem risco de maiores prejuízos econômicos associados a crise hídrica. Algumas legislações promulgadas no Estado do Rio de Janeiro também colaboram para que o setor industrial intensifique investimento em tecnologias para redução no consumo de água. De acordo com os estudos realizados na RH II Guandu, foi possível identificar um total de 8 indústrias que podem ser caracterizadas como hidroativas, a captação dessas 8 (oito) indústrias correspondem a 99,51 % de todo volume anual utilizado por esse setor na RH II. Dentre as empresas analisadas a IND8 é a que apresenta o maior volume de captação anual, equivalente a 569.684.640 m<sup>3</sup>/ano, o que corresponde a 93 % de água captada em relação às outras indústrias. 75% dessas indústrias investem em algum tipo de tecnologia para a redução do consumo de água e ao mesmo tempo contribuem para a redução de lançamento de efluentes. Um total de 31 iniciativas para redução no consumo de água utilizadas pelas indústrias foi identificado, dessas: 56 % correspondem a reuso de efluentes, 36 % recirculação de água e 6 aproveitando de águas pluviais, além disso, 37% das empresas analisadas adotaram alguma medida emergencial para que a unidade produtiva não fosse comprometida no período de escassez em 2014/2015. Com base na presente pesquisa conclui-se que as indústrias hidroativas localizadas na RH II têm investindo amplamente em tecnologias para garantir a eficiência hídrica no setor produtivo, o que contribui para o aumento da disponibilidade hídrica na RH II assim como para melhorias ambientais, além disso, essas ações aumentam a segurança hídrica dessas empresas principalmente em períodos de escassez hídrica.

Palavras chave: crise hídrica, setor industrial, gestão dos recursos hídricos, tecnologia para redução de consumo.

## ABSTRACT

The water crisis has been revealed in recent decades as a serious problem that already affects several countries on practically all continents, becoming a phenomenon with immeasurable impacts of global proportions, generating major implications on several aspects, among them, economic. Almost all companies are potentially exposed to problems associated with water, regardless of the sector they are in or the production methods they employ. However, certain industries face significant water-related challenges, either because of its considerable demand (requiring large amounts of water, extremely clean sources of water, or both) or the disposal of effluents. Currently, many industries have been intensifying their commitment to environmental issues, especially regarding the sustainable management of water resources, this sector has been adapting to the current scenario of recurring water crises through the implementation of technologies that allow the reduction of water consumption and the At the same time, it maintains the company's productivity without the risk of greater economic losses associated with the water crisis. Some legislation enacted in the State of Rio de Janeiro also helps the industrial sector to intensify investment in technologies to reduce water consumption. According to the studies carried out at RH II Guandu, it was possible to identify a total of 8 industries that can be characterized as hydro-intensive, the capture of these 8 (eight) industries correspond to 99.51% of all annual volume used by this sector in RH II. Among the companies analyzed, IND8 is the one with the highest volume of annual abstraction, equivalent to 569,684,640 m<sup>3</sup>/year, which corresponds to 93% of water abstracted in relation to other industries. 75% of these industries invest in some type of technology to reduce water consumption and at the same time contribute to the reduction of effluent discharge. A total of 31 initiatives to reduce water consumption used by industries were identified, of which 56% correspond to effluent reuse, 36% water recirculation and 6% taking advantage of rainwater, in addition, 37% of the analyzed companies adopted some measure emergency so that the production unit was not compromised during the shortage period in 2014/2015. Based on the present research, it is concluded that the hydro-intensive industries located in RH II have been investing extensively in technologies to guarantee water efficiency in the productive sector, which contributes to the increase of water availability in RH II as well as to environmental improvements, in addition to, these actions increase the water security of these companies, especially in periods of water scarcity

Keywords: water crisis, industrial sector, water resources management, technology to reduce consumption.

## LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1 – Nível de Estresse Hídrico Físico global para o ano de 2019 .....	20
Figura 2 - Situação da chuva nos anos 2012 a 2014 (ano hidrológico: entre setembro do ano de referência e outubro do ano anterior) .....	24
Figura 3 – Demandas de água por finalidade no Brasil em 2019.....	28
Figura 4 – Uso Consuntivo de água na Região Sudeste .....	29
Figura 5 – Uso Consuntivo de água no Estado do RJ .....	30
Figura 6 - Matriz de coeficientes técnicos .....	33
Figura 7 - Variação do consumo de águas superficiais no estado de São Paulo.....	40
Figura 8 - Volumes faturados de água e esgoto pela SABESP no período 1998-2000 .....	40
Figura 9 – Métodos de recarga artificial de aquífero .....	47
Figura 10 - Principais características das metodologias de recarga artificial de aquíferos (RAA).....	51
Figura 11 – Volume do consumo de água total e de reuso.....	86
Gráfico 1 – Comparação entre o PIB da RH II, RMRJ e ERJ .....	67
Gráfico 2 – Percentual de consumo de água entre as 8 indústrias.....	74
Gráfico 3 – Índice de recirculação de água e índice de reuso de efluentes da IND8 .....	89
Gráfico 4 - documentos analisados e medidas implementadas. ....	91
Gráfico 5 - Tecnologias implementadas por indústria .....	92
Gráfico 6 – Indústrias com investimento em eficiência Hídrica (reuso/recirculação) .....	93
Gráfico 7 – Tipos de tecnologias para redução no consumo de água.....	94
Gráfico 8 - Indústrias que adotaram medidas para mitigar os efeitos da crise hídrica (2014/2015) .....	95
Gráfico 9 – Indústrias participantes na composição do Plenário do Comitê Guandu .....	97
Mapa 1- Municípios contidos na RH II – Guandu.....	65
Mapa 2 - Pólos Industriais inseridos na RH II – Guandu .....	66
Mapa 3 – Atividades com maior vazão de captação na RH II.....	69
Mapa 4 – Atividades com menor vazão de captação na RH II .....	70
Quadro 1 - Fatores que agravam o efeito da crise hídrica .....	21
Quadro 2 – Processos industriais que utilizam água de reuso .....	44

## LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Resumo dos impactos no setor industrial relatados pelos usuários nos registros de reunião do GTAOH .....	25
Tabela 2– Matriz Agregada de Coeficientes Técnicos para Estimativa das Demandas Hídricas do Setor Industrial Brasileiro .....	32
Tabela 3 – Uso de recursos hídricos na RH II e vazão total de captação.....	71
Tabela 4 – Indústrias hidroativas analisadas na RH II Guandu.....	73
Tabela 5 – Desempenho ambiental da IND5 em 2008.....	80
Tabela 6 – Evolução da companhia em relação ao reuso de água .....	85

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIQUIM	Associação Brasileira da Indústria Química
AGENERSA	Agência Reguladora de Energia e Saneamento Básico do Estado do Rio de Janeiro
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
BRICS	Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul
CEBDS	Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável
CEPED/UFSC	Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil da Universidade Federal de Santa Catarina
CEPERJ	Fundação Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro
CERHI-RJ	Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio De Janeiro
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
CNI	Confederação Nacional da Indústria
DAEE	Departamento de Água e Energia Elétrica
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FIRJAN	Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
GTAOH	Grupo de Trabalho Permanente de Acompanhamento da Operação Hidráulica na bacia do rio Paraíba do Sul
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MDIC	Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
MRPL	Mangalore Refinery and Petrochemicals Limited
NTPC	National Thermal Power Corporation
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PIB	Produto Interno Bruto
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
RAA	Recarga artificial de aquíferos
RMRJ	Região Metropolitana do Rio de Janeiro
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
TSA	Tratamento Solo Aquífero
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
UN-WWAP	The United Nations World Water Development Report

## SUMARIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>19</b>
<b>3 CRISE HÍDRICA E OS IMPACTOS NA INDÚSTRIA.....</b>	<b>19</b>
<b>4 USO CONSUNTIVO E A INDÚSTRIA .....</b>	<b>26</b>
4.1 CONSUMO DE ÁGUA NAS ETAPAS DE PRODUÇÃO .....	35
4.1.2 PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS .....	35
4.1.3 AUTOMOTIVA .....	35
4.1.4 PETROQUÍMICA.....	36
4.1.5 AÇO E METALÚRGICA .....	36
4.1.6 MINERAÇÃO.....	37
4.1.7 BEBIDAS .....	37
4.1.8 PAPEL E CELULOSE.....	38
<b>5 TECNOLOGIAS PARA REDUÇÃO DE CONSUMO DE ÁGUA .....</b>	<b>39</b>
5.1 TIPOS DE TECNOLOGIAS.....	41
5.1.2 REUSO DE ÁGUA PARA FINS INDUSTRIAIS.....	41
5.1.3 RECARGA ARTIFICIAL DE AQUÍFEROS (RAA) .....	45
5.1.4 PONTO DE MÍNIMO CONSUMO DE ÁGUA (“WATER PINCH”).....	51
5.1.5 APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	52
<b>6 ASPECTOS LEGAIS RELACIONADOS AO USO DE ÁGUA SUSTENTÁVEL .....</b>	<b>55</b>
6.1 LEI Nº 9.433/1997 POLÍTICA NACIONAL DOS RECURSOS HÍDRICOS.....	55
6.2 LEI ESTADUAL Nº 3.239/99 POLÍTICA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS .....	56
6.3 LEI ESTADUAL Nº 6.034/2011 .....	60
6.4 LEI ESTADUAL Nº 7.424/16.....	60
6.5 LEI ESTADUAL Nº 7.599/17.....	61
6.6 LEI ESTADUAL Nº 7.987/18.....	61
6.7 DECRETO ESTADUAL Nº 47.403/20.....	62
<b>7 A REGIÃO HIDROGRÁFICA DO GUANDU.....</b>	<b>63</b>
7.1 OS SISTEMAS DE TRANSPOSIÇÃO E O ABASTECIMENTO DA RMRJ.....	63
7.2 MUNICÍPIOS E POPULAÇÃO INTEGRANTES A RH II – GUANDU.....	64
7.3 ASPECTOS ECONÔMICOS.....	65
7.4 O GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA RH II.....	67
7.5 A RH II E OS USOS MÚLTIPLOS DOS RECURSOS HÍDRICOS .....	68
<b>8 METODOLOGIA.....</b>	<b>71</b>
<b>9 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>73</b>

<b>10 CONCLUSÃO.....</b>	<b>98</b>
<b>11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>100</b>
<b>12 ANEXO.....</b>	<b>105</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nos anos de 2014 e 2015 a região sudeste enfrentou uma forte crise hídrica provocada por irregularidades nos regimes de chuva o que propiciou um longo período de estiagem. De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2014) desde 2012, observa-se uma gradativa e intensa redução nos índices pluviométricos em algumas regiões do País. Esse fenômeno climático tem prejudicado de forma significativa a oferta de água para o abastecimento público, especialmente no semiárido brasileiro e nas regiões metropolitanas mais populosas e com maior demanda hídrica (São Paulo e Rio de Janeiro). Outros setores que dependem do armazenamento da água para se viabilizarem operacionalmente, como o de irrigação e o de energia hidrelétrica (principal matriz energética do País) também estão sendo afetados pela falta de chuvas e pelo menor volume de água armazenado nos reservatórios (ANA, 2014).

Na região Sudeste onde os usos múltiplos da água são bastante diversificados, os prejuízos foram mais intensificados trazendo impactos econômicos e sociais, essa afirmativa pode ser constatada em Tundisi et al. (2015) onde destaca que na seca de 2013/2014, no Sudeste do Brasil, que afetou aproximadamente 80 milhões de pessoas nos estados de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro, além de problemas no abastecimento público, a hidrovía do Tietê ficou desativada por quatro meses, resultando em perda de 5 mil postos de trabalho e milhões de toneladas de materiais não transportados.

Tundisi (2015) afirma ainda que a água é essencial e um recurso estratégico para o desenvolvimento econômico, para a produção de energia e a produção industrial. Sendo um recurso natural essencial para a espécie humana e para o funcionamento dos ecossistemas, seu valor econômico e sua importância estratégica são reconhecidos como promotores das economias locais, regionais, das bacias hidrográficas e dos continentes.

Muitos são os fatores que acentuam a escassez de água e que ao mesmo tempo podem comprometer a segurança hídrica em escala local, regional e mesmo global, a exemplo, para a crise hídrica que ocorreu na Região Sudeste, Marengo et al. (2015) pontua algumas das causas que originaram esse problema os quais envolvendo aqui a combinação de baixos índices pluviométricos, o grande crescimento da demanda de água, ausência de planejamento adequado para o

gerenciamento do recurso hídrico e a ausência de consciência coletiva dos consumidores brasileiros para o uso racional da água.

Segundo Seeti et al (2001), os problemas de escassez hídrica decorrem, fundamentalmente da combinação entre o crescimento exagerado das demandas localizadas e da degradação da qualidade das águas. Esse quadro é consequência dos desordenados processos de urbanização, industrialização e expansão agrícola. Paralela a essa informação Tundisi (2015) afirma que a expansão e a diversificação dos usos múltiplos da água marcaram definitivamente as últimas décadas do século XX e que as atividades humanas na paisagem, na cobertura vegetal, nos usos do solo, produzindo erosão, sedimentação dos corpos hídricos, contaminação e poluição em larga escala, estão afetando a perenidade dos recursos hídricos, os quais são agravados pela crise hídrica.

A atividade industrial é um dos usos consuntivos com maior demanda de água em escala global. Uso consuntivo, conforme definido por ANA (2019), é considerado quando a água retirada é consumida, parcial ou totalmente, no processo a que se destina não retornando diretamente ao corpo d'água.

De acordo com dados da UN-WWAP (2019) o uso de água vem aumentando em todo o mundo em aproximadamente 1% por ano desde os anos 1980, sendo a indústria (incluindo geração de energia) responsável por 19% desse consumo. O estudo ainda aponta que existe uma expectativa de que a demanda global por água continue aumentando a uma taxa semelhante até 2050, até um aumento de 20-30% acima do nível atual de uso de água e essa proporção se atribuirá ao aumento das demandas do setor industrial e doméstico.

Segundo descrito por MDIC (2018), o Brasil é um país industrializado e cerca de 17% do total da água consumida no país deve-se às atividades industriais. Além disso, em 2015 esse setor foi responsável pela geração de cerca 1,3 trilhões de reais em divisas correspondendo a 23 % do Produto Interno Bruto (PIB), geraram 10 milhões de emprego e contribuíram com 40% das exportações realizadas.

Grande parte das indústrias brasileiras concentra-se principalmente na região Sudeste, sobretudo nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, onde o perfil industrial é caracterizado por parques industriais modernos e diversificados, com destaque a indústria química e automobilística (ANA, 2017).

Considerando os recorrentes episódios de crise hídrica enfrentados em território nacional fica evidente que o setor industrial, que possui uma importante

função econômica e social para o país, precisa adotar em caráter urgente, não só uma mudança de paradigma quanto à racionalização do uso desse recurso nos processos produtivos, mas a implementação de políticas internas que tenham como objetivo principal garantir a segurança hídrica da empresa afim de que se mantenha a perenidade nos processos de produção, garantindo assim que a empresa se mantenha resiliente a futuras crises hídricas que a cada ano vem se intensificando.

A adoção de um processo estruturado de gerenciamento no uso de água pode reduzir as vulnerabilidades da empresa em relação ao suprimento de água e os conflitos com as comunidades locais e os demais usuários (ABIQUIM, 2016).

Em estudo recente a ANA (2017) destacou que atualmente uma preocupação com a eficiência no uso da água vem ocupando lugar de destaque nas estratégias competitivas das indústrias nacionais, especialmente daquelas que utilizam este recurso mais intensivamente.

Visando sanar ou mitigar esses impactos que atingem diretamente diversos setores, dentre esses o setor industrial, Bicudo et al(2015) ressalta que devem ser incentivados, desenvolvidos e adotados tecnologias e equipamentos que propiciem o uso racional da água na indústria, na agricultura (processos menos dependentes de água, reutilização, reúso) e nos serviços de saneamento (controle de perdas, poupadores domésticos e não domésticos, reúso).

Destaca-se aqui que a responsabilidade sobre a gestão dos recursos hídricos não depende apenas do setor privado, mas cabe ao Poder Público uma responsabilidade fundamental na definição de mecanismos legais que serão preponderantes para a gestão eficiente dos recursos hídricos, sendo a Lei n. 9.433/1997 que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) considerada como norma balizadora da gestão dos recursos hídricos e prevê que a gestão da água deve se preocupar com a qualidade e a quantidade do recurso, levando em conta as diversidades geográficas e socioeconômicas de cada região do país (ROSA, 2019).

Outro ponto importante que a Lei Federal nº 9.433/97 preconiza é que a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Conforme comenta Tundisi (2006), a bacia hidrográfica é a unidade mais apropriada para o gerenciamento, sendo adotada em muitos países e regiões e,

além disso, ela possibilita integrar ações de pesquisa e gerenciamento em uma unidade física bem estabelecida e que pode agregar atividades multi e interdisciplinares. Com base nesse contexto e considerando os argumentos acima apresentados, foi determinada como objeto desse estudo a Região Hidrográfica Guandu (RH II), Vale destacar que o Estado do Rio de Janeiro é dividido em nove (9) Regiões Hidrográficas de acordo com a Resolução CERHI-RJ nº107/2013 que aprova a nova definição das Regiões Hidrográficas no Estado do RJ. De acordo com a Resolução o território fluminense se divide nas seguintes RHs:

- RH I: Região Hidrográfica Baía da Ilha Grande;
- RH II: Região Hidrográfica Guandu;
- RH III: Região Hidrográfica Médio Paraíba do Sul;
- RH IV: Região Hidrográfica Piabanha;
- RH V: Região Hidrográfica Baía de Guanabara;
- RH VI: Região Hidrográfica Lagos São João;
- RH VII: Região Hidrográfica Rio Dois Rios;
- RH VIII: Região Hidrográfica Macaé e das Ostras;
- RH IX: Região Hidrográfica Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana.

A RH II se destaca como uma importante área estratégica do ponto de vista econômico, nessa região se encontra instalados importantes polos industriais com a presença de um grande número de indústrias dos mais variados segmentos, a predominância dessas empresas na RH II induz a essa região ter um dos maiores indicadores macroeconômicos a nível estadual, onde, segundo dados de levantamentos realizados pelo IBGE e Fundação CEPERJ (2019), o PIB corresponde a 64,31% da Região Metropolitana do RJ e 47,35% do PIB do estadual, além disso, esse setor é responsável pela captação de um volume de água anual equivalente a 616.1 mi de m<sup>3</sup>/ano, de acordo com os dados cadastrados no CNARH (2022).

Ao mesmo tempo a RH II se caracteriza como uma área com grande potencial para abastecimento público entre outras atividades que necessitam da água. A multiplicidade de usos da água nessa região aponta para a possibilidade de graves conflitos principalmente em períodos de escassez, sendo importante destacar que

conforme preconiza o art 1º da lei federal nº 9.433/97 em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais.

Estudos anteriores realizados pela ANA (2017) apontam que no Estado do Rio de Janeiro as bacias da Baía de Guanabara e do Guandu destacam-se como as mais críticas com elevada demanda hídrica industrial.

Considerando as informações aqui contextualizadas, visando alcançar os objetivos da pesquisa, o presente trabalho foi baseado no método de pesquisa exploratória, cuja técnica utilizada consistiu no levantamento documental de fontes primárias.

O objetivo geral consistiu em analisar se as indústrias que fazem uso significativo dos recursos hídricos superficiais na região hidrográfica do Guandu (RH II) investem em tecnologias que possibilitem a redução no consumo de água.

Os objetivos específicos consistiram em:

- Identificar as indústrias hidroativas na RH II através do Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos disponibilizado em 2022;
- Identificar as legislações que determinam a redução de consumo de água na indústria;
- Identificar as indústrias que possuem Política Ambiental com foco na gestão do recurso hídrico e se a mesma é de fato implementada e mantida;
- Registrar quais os métodos ou tecnologias que as indústrias utilizam para redução de consumo d'água.
- Investigar as indústrias que foram impactadas com a crise hídrica de 2014/2015

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 3 CRISE HÍDRICA E OS IMPACTOS NA INDÚSTRIA

A crise hídrica tem se revelado nas últimas décadas como um grave problema que já atinge diversos países em praticamente todos os continentes, tornando-se um fenômeno com impactos imensuráveis e de proporções globais, gerando grandes implicações sobre diversos aspectos, dentre eles, econômicos UN-WWAP (2003, 2019).

Esse fenômeno está associado geralmente a eventos climáticos e meteorológicos extremos podendo ser de origem hidrológica (inundações bruscas e graduais, alagamentos, enchentes, deslizamentos) e também de origem climatológica, esse representado principalmente pelos períodos de estiagem e seca.

Segundo Campos (1997 *apud* CEPED/UFSC, 2012), podemos classificar o fenômeno da seca em três tipos:

- Climatológica: que ocorre quando a pluviosidade é baixa em relação às normais da área;
- Hidrológica: quando a deficiência ocorre no estoque de água dos rios e açudes;
- Edáfica: quando o déficit de umidade é constatado no solo.

Segundo CEBDS (2015) a segurança hídrica é afetada pela maior variabilidade hidrológica decorrente da maior incidência de extremos climáticos, com consequentes impactos para a sociedade. Os efeitos podem diferir regionalmente e dependem de uma série de fatores como: localização geográfica, disponibilidade e usos da água, mudanças demográficas, sistemas de gestão e de alocação da água, bases legais para a gestão da água, estruturas de governança existentes, e a resiliência dos ecossistemas.

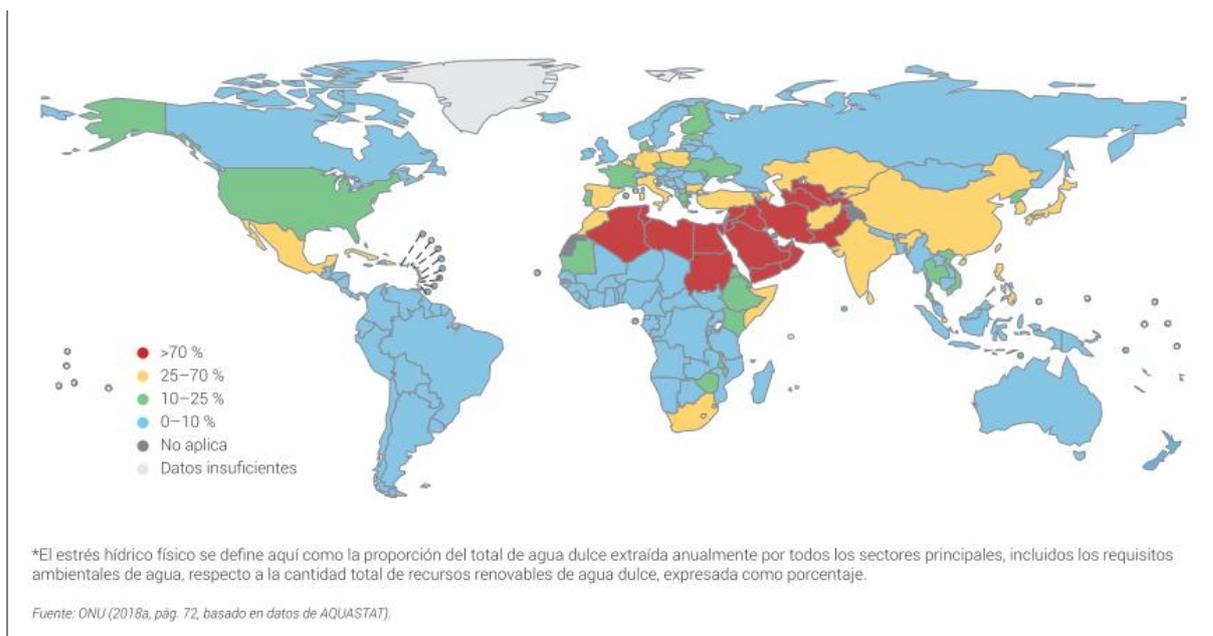
Para Vivas (2011) as situações de seca, entendidas como uma redução transitória das condições de precipitação, face ao normal para a região e período em questão, correspondem a um fenômeno natural, de origem meteorológica, que sucede com alguma regularidade, por outro lado, as condições de escassez estão relacionadas com a influência humana sobre os recursos hídricos, nomeadamente com o nível de utilizações, face às disponibilidades existentes numa dada região.

Já Cirilo (2015) afirma que a escassez hídrica pode ser classificada em dois tipos: a escassez econômica e escassez física. A escassez econômica ocorre devido à falta de investimento e é caracterizada por pouca infraestrutura e distribuição desigual de água. A escassez física ocorre quando os recursos hídricos não conseguem atender à demanda da população. Regiões áridas são as mais associadas com a escassez física: em torno de 25% da população mundial vive em bacias hidrográficas onde há escassez física de água. Um bilhão de pessoas vivem em bacias hidrográficas onde a água é economicamente escassa.

Atualmente o número de países que enfrentam a crise hídrica tem se elevado, de acordo com levantamento recente da ONU, embora o estresse hídrico médio mundial seja de apenas 11%, 31 países experimentam estresse hídrico entre 25% (definido como o limiar mínimo de estresse hídrico) e 70% e 22 países estão acima de 70% e, portanto, estão sob forte estresse hídrico (UN-WWAP, 2019).

A Figura abaixo (Figura 1) fornece uma visão global dos países que vivenciam diferentes níveis de estresse hídrico (a proporção anual entre o total de água potável retirada pelos principais setores, incluindo as necessidades hídricas do meio ambiente, e a quantidade total de recursos hídricos renováveis, expressa em percentual), segundo dados da UN-WWAP, 2019.

Figura 1 – Nível de Estresse Hídrico Físico global para o ano de 2019



**Fonte:** UN-WWAP, 2019.

A crise hídrica não está associada intrinsecamente com as alterações climáticas, para alguns autores (Quadro 1) existe uma série de fatores interdependentes que podem interferir diretamente sobre os problemas de escassez de água a nível regional ou local, e que geralmente estão relacionados a ações antrópicas degradantes do meio ambiente, uso insustentável dos recursos hídricos e também por falta de políticas públicas eficientes de gerenciamento dos recursos hídricos.

Quadro 1 - Fatores que agravam o efeito da crise hídrica

Autores	Fatores que podem agravar o efeito da crise hídrica
SEETI et al (2001)	Combinação entre o crescimento exagerado das demandas localizadas e da degradação da qualidade das águas. Esse quadro é consequência dos desordenados processos de urbanização, industrialização e expansão agrícola.
A UN-WWAP (2003)	Mudanças geopolíticas/ crescimento populacional / demanda agrícola/ necessidades energéticas/ urbanização/ crescimento econômico e indústria/ globalização.
TUNDISI (2015)	Atividades humanas na paisagem, na cobertura vegetal, nos usos do solo, produzindo erosão, sedimentação dos corpos hídricos, contaminação e poluição em larga escala

**Fonte:** SEETI et al (2001), A UN-WWAP (2003), TUNDISI (2015).

Essas ações também apresentam um efeito direto sobre o ciclo hidrológico podendo trazer uma serie de problemas ambientais, os ciclos hidrológicos são afetados pelas mudanças naturais e por aquelas produzidas pelo homem, como, por exemplo, o uso excessivo dos aquíferos para abastecimento ou irrigação (TUNDISI, 2015 *apud* VÖRÖSMARTY et al., 2010; MCNUTT, 2013; YOUNG et al., 2014).

Fica evidente que a crise hídrica é um problema de abrangência global provocada por diversos fatores de origem natural e/ou físicos, que quando somados podem comprometer a segurança hídrica de uma região, estado ou nação. Seus efeitos, além de promoverem graves problemas sociais, também são responsáveis por impactos econômicos negativos que prejudicam entre outros setores, as atividades industriais.

De acordo com MDIC (2018), a segurança hídrica é um fator vital para a perenidade dos negócios. Problemas no suprimento de água podem implicar em perdas significativas de produção, aumento dos custos, com impactos na competitividade e perda da licença para operar.

Quase todas as empresas estão potencialmente expostas a problemas associados à água, independentemente do setor em que se encontram ou dos métodos de produção que empregam. No entanto, certas indústrias enfrentam desafios significativos relacionados com a água, seja por sua demanda considerável (o que exige grandes quantidades de água, fontes extremamente limpas de água, ou ambos) ou pelo descarte de efluentes (CNI, 2015).

Tundisi (2015) destaca que as secas produzem impactos econômicos severos e de lenta recuperação, com efeitos na produção industrial e resultando em inúmeros problemas econômicos adicionais. A seca de 2007-2008 em Barcelona, na Espanha, produziu prejuízos econômicos de 1 bilhão de euros e reduziu em 1% o produto interno bruto da Catalunha, região economicamente avançada da Espanha.

Um cenário mais atual sobre a crise hídrica demonstra o quanto esse fenômeno vem prejudicando países em desenvolvimento e que tem a indústria como um dos alavancadores da economia interna. A Índia é um dos países que integram o BRICS, agrupamento representado por nações emergentes (Brasil, Rússia, Índia, China, África do Sul) com maior potencial de crescimento econômico a nível mundial, seu território abriga 16% da população mundial (segundo país mais populoso do mundo) e vem apresentando um crescimento no setor industrial que corresponde a  $\frac{1}{4}$  do PIB, além disso, possui um parque industrial que é classificado como o 9º maior do mundo, entretanto, tem experimentado os impactos da crise hídrica no setor industrial, em 2019 o Estado de Maharashtra foi obrigado a cortar o fornecimento de água para a indústria em até 50% em uma das piores secas em décadas. A Mangalore Refinery & Petrochemicals Ltd. fechou uma unidade de petróleo bruto no sul da Índia, e a National Thermal Power Corporation (NTPC) Ltd fechou uma usina térmica na parte oriental do país. No mês de maio deste ano, a MRPL relatou menor utilização da capacidade em sua refinaria de 15 mt e afirmou que só pode operar 8 mt de capacidade devido à falta de água. O MRPL informou às bolsas de valores que a escassez aguda de água doce no rio Nethravathi, na ausência de chuvas de verão, levou a uma paralisação parcial das unidades de

processamento do complexo da refinaria de MRPL como força maior (Business Wire, 2019).

A nível nacional, em relação à oferta de água, embora o relatório da UN-WWAP (2019) aponte que o país apresenta um baixo estresse hídrico, essa informação não pode ser ratificada uma vez que o Brasil apresenta problemas pontuais em relação a oferta desse recurso. Segundo a ANA (2014), enquanto bacias localizadas em áreas com uma combinação de baixa disponibilidade e grande utilização dos recursos hídricos podem enfrentar situações de escassez e estresse hídrico, outras se encontram em situação confortável, com o recurso em abundância.

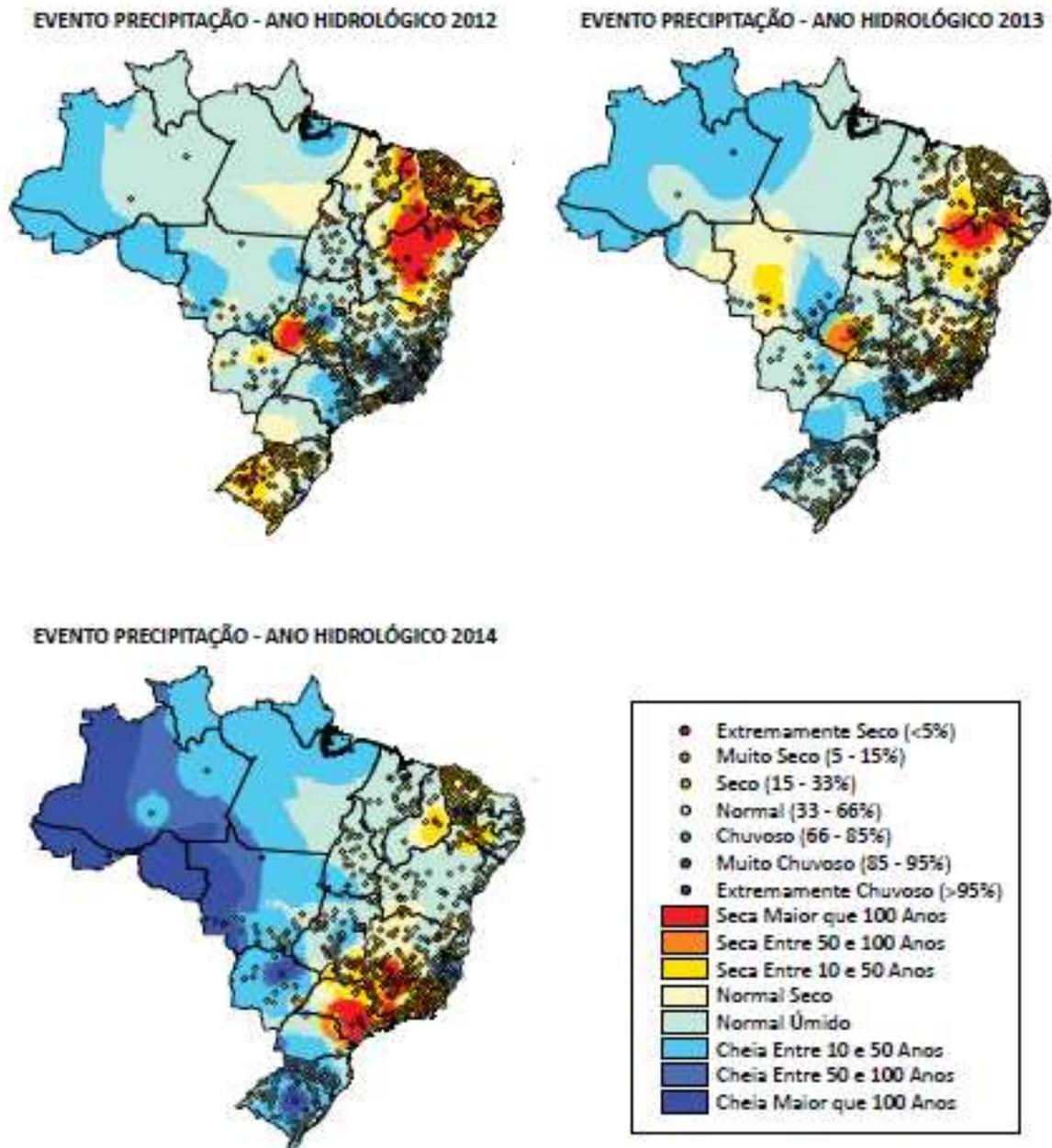
Como exemplo ao que foi dito, recentemente passamos por uma severa crise hídrica, onde as estações de monitoramento da ANA já detectavam em 2012 uma gradativa e intensa redução dos índices pluviométricos em algumas regiões do País, esse período de seca se estendeu até o ano de 2014 (ANA, 2014).

Na Região Sul do Brasil, em 2012, houve situação crítica de seca principalmente na região do baixo rio Uruguai onde o evento foi classificado como muito ou extremamente seco em mais de 90 % das estações de monitoramento (ANA, 2014).

Entre os anos de 2012 a 2014 destaca-se a situação de extrema criticidade no Semiárido Brasileiro, onde foi possível verificar tempos de retorno superiores a 100 anos em 2012 e 2013, retornando em 2014 a uma frequência normal mas abaixo da média na porção norte da região onde na maior parte das estações o ano foi classificado como seco ou muito seco (ANA, 2014)

Na Região Sudeste, onde localiza-se a área de estudo (Região Hidrográfica do Guandu) , o período de seca se destacou principalmente no ano de 2014 (Figura 2) onde atingiu padrões de seca extrema com probabilidade de ocorrência superior a 1%, tempo de retorno superior a 100 anos (ANA, 2014).

Figura 2 - Situação da chuva nos anos 2012 a 2014 (ano hidrológico: entre setembro do ano de referência e outubro do ano anterior)



Fonte: ANA, 2014.

Esse evento climático trouxe impactos bastante significativos para a região ocasionando em uma série de problemas conforme destacado em alguns estudos (GALVÃO e BERMAN, 2015; TUNDISI e TUNDISI, 2015; BICUDO et al, 2015; ANA, 2014). Como exemplo, a redução dos níveis de água nos reservatórios fez com que alguns estados utilizassem a energia termelétrica como alternativa para suprir o

fornecimento de energia o que elevou a uma crise na segurança energética do país trazendo incertezas para as atividades econômicas (indústria, comércio e serviços) e para a população (GALVÃO e BERMAN, 2015).

A Região Hidrográfica do Guandu, área do presente estudo, a qual recebe um significativo aporte hídrico através da transposição do rio Paraíba do Sul, também sofreu com os fortes impactos provocados pela crise hídrica no período de 2014. Visando mitigar os efeitos provocados pela crise hídrica foi criado em 2014 o Grupo de Trabalho Permanente de Acompanhamento da Operação Hidráulica na bacia do rio Paraíba do Sul – GTA OH através da Deliberação CEIVAP nº 211/2014, que tinha como objetivo analisar as situações de conflito e propor soluções alternativas para a operação hidráulica dos reservatórios com vistas a garantir os usos múltiplos da água (AMBROSIO e JOHNSSON, 2014).

Durante as reuniões realizadas pelo grupo foram gerados um total de 39 registros em um período que compreendeu os anos de 2014 a 2016. Do total de registros, 82% referem-se a impactos que afetaram diretamente a indústria (Tabela1) . Desses, os principais impactos identificados foram:

Tabela 1 – Resumo dos impactos no setor industrial relatados pelos usuários nos registros de reunião do GTA OH

Setor	Impactos	Nº de registros
Indústria	O avanço da cunha salina e consequente aumento na salinização das águas gerando parada na captação de água das empresas situadas próximas ao canal São Francisco.	29
	A parada na captação a depender da reserva de água existente na planta industrial num dado momento pode resultar na interrupção de processos produtivos e de geração de energia.	4
	Falta de água para consumo humano	2

Fonte: adaptado de AMBROSIO et JOHNSSON, 2014.

Segundo pesquisa realizada pela FIRJAN (2014), no período de outubro a novembro de 2014, com 487 representantes industriais no Estado do RJ, a qual buscava saber como a crise hídrica afetava o setor, 69% das empresas entrevistadas informaram não sentir o efeito da escassez hídrica. Das 151 empresas afetadas pela crise, 50,3% afirmaram sofrer aumento de custo no processo produtivo, 15,9% tiveram que reduzir a produção, 13,9% passaram por interrupção temporária de produção, 6,0% tiveram que demitir colaboradores e 1,3% das empresas adotaram férias coletivas.

Em face dos argumentos aqui apresentados se torna mais compreensível entender o quanto os problemas provocados pela crise hídrica podem impactar diretamente a segurança hídrica na produção industrial e ao mesmo tempo comprometer o crescimento econômico de um país. A crise hídrica é um problema real e as empresas precisam de forma urgente inserir em sua governança, políticas internas que visem compatibilizar o uso da água a uma gestão eficiente.

#### **4 USO CONSUNTIVO E A INDÚSTRIA**

O uso consuntivo é caracterizado quando a água retirada é consumida de forma parcial ou total no processo a que se destina não retornando diretamente ao corpo d'água. O consumo pode ocorrer por evaporação, transpiração, incorporação em produtos, consumo por seres vivos, dentre outros (ANA, 2019).

Segundo Tucci et al (2001) os principais usos consuntivos no Brasil são abastecimento humano, animal (dessedentação), industrial e irrigação. Em uma definição mais atualizada e abrangente a ANA (2019) cita que os principais usos consuntivos são abastecimento humano (rural e urbano), abastecimento animal, a indústria de transformação, a termoelectricidade, a irrigação e a evaporação líquida de reservatórios artificiais.

A ANA periodicamente desenvolve estudos quantitativos visando analisar os principais usos consuntivos no país, com base em progressões históricas estabelecidas entre 1931 e 2030, esses estudos contribuem para estimar a demanda hídrica com base em critérios técnicos e consideram volumes de vazão, de retirada e de retorno de diversas atividades que possuem uso hidrointensivo.

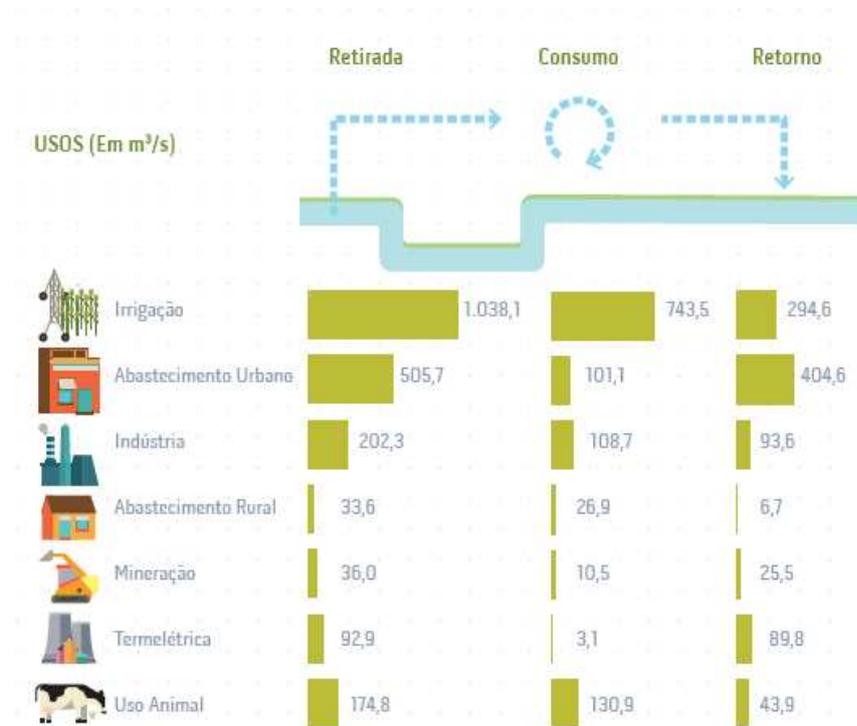
Em uma estimativa de uso dos recursos hídricos estabelecida para o País em 2020, foi observado que o volume de retirada corresponde a um total de 2.083 m<sup>3</sup>/s

e o consumo a 1.125 m<sup>3</sup>/s. Ressalta-se aqui que retirada refere-se à água total captada para atender a algum tipo de uso, como por exemplo, abastecimento urbano. O retorno refere-se à parte da água retirada para um determinado uso que retorna aos corpos hídricos, como, por exemplo, esgotos decorrentes do uso da água para abastecimento urbano. O consumo refere-se à água retirada que não retorna diretamente aos corpos hídricos. De uma forma simplificada, é a diferença entre a retirada e o retorno. Exemplo: consumo é a água retirada para abastecimento urbano menos a água que retorna como esgoto (ANA, 2020).

A irrigação, conforme ocorre há décadas, continua sendo a atividade que demanda mais uso dos recursos hídricos, do total do volume de retirada (2.083 m<sup>3</sup>/s), essa atividade é responsável por 49,8% das retiradas de água, ou seja, 1038,1 m<sup>3</sup>/s (Figura 3). O abastecimento urbano, indústria de transformação e abastecimento animal vem em seguida onde as vazões de retiradas correspondem a 24,3%, 9,7% e 8,4 %, respectivamente (ANA, 2020).

A demanda por uso de água no Brasil é crescente, com aumento estimado de aproximadamente 80% no total retirado de água nas últimas duas décadas. A previsão é que, até 2030, a retirada aumente 23%. O histórico da evolução dos usos da água está diretamente relacionado ao desenvolvimento econômico e ao processo de urbanização do país (ANA, 2020).

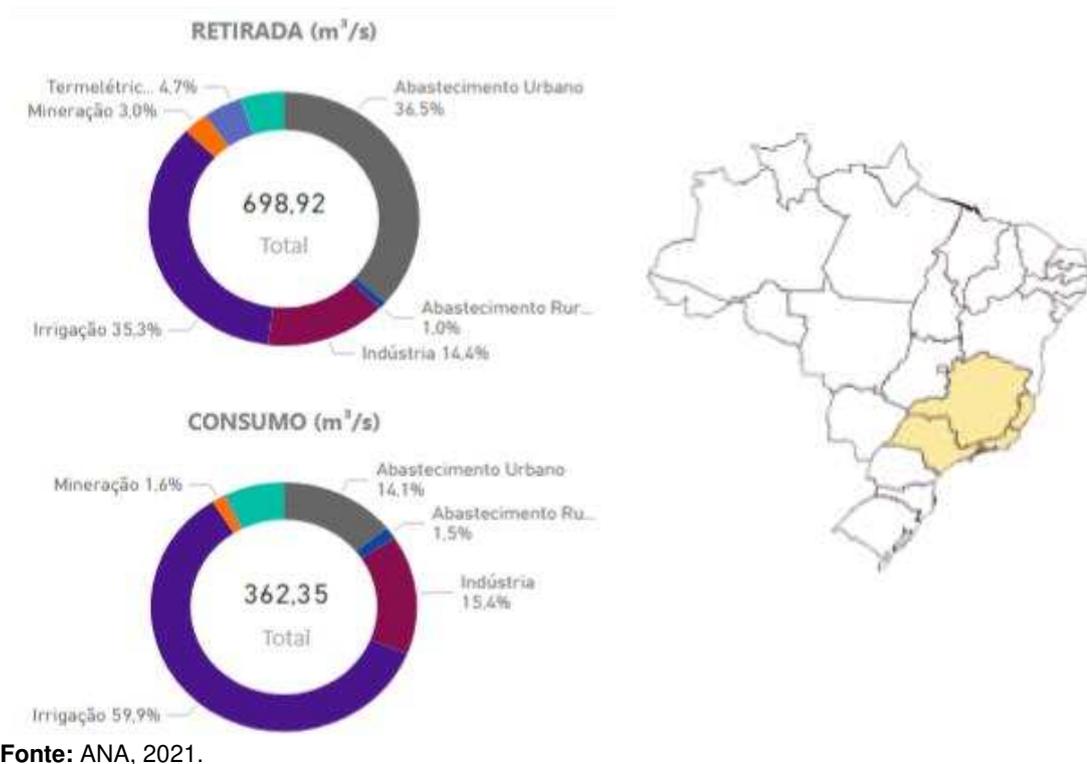
Figura 3 – Demandas de água por finalidade no Brasil em 2019



Fonte: ANA,2020.

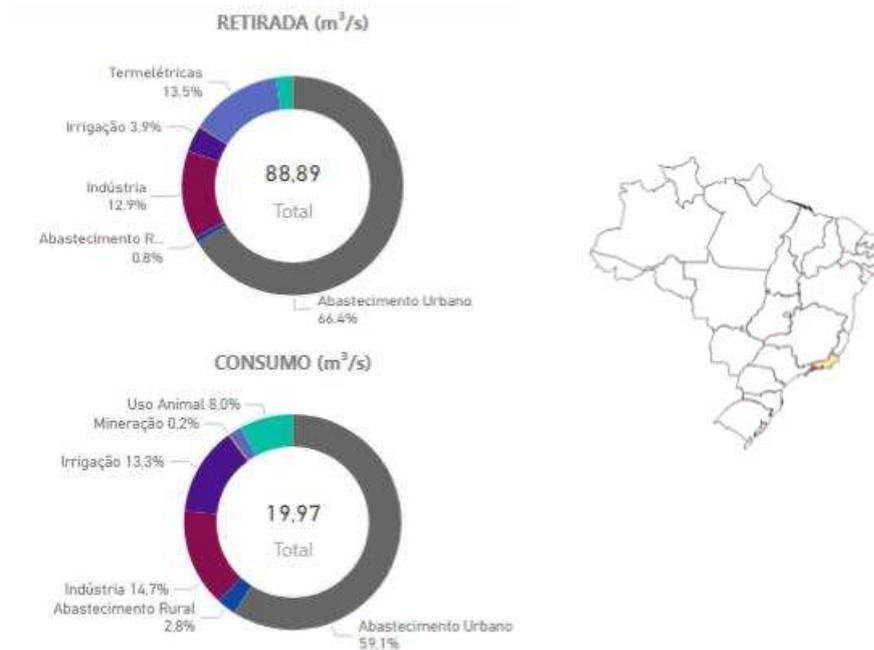
Já em consulta a plataforma da ANA (2021) que permite de forma dinâmica observar estimativas de retirada e consumo de água em períodos que variam de 1931 a 2030, sendo por Unidades Federativas ou por regiões brasileiras, foi possível analisar que entre as 5 (cinco) regiões brasileiras com maior uso dos recursos hídricos destaca-se a Região Sudeste, onde o volume de retirada e de consumo, no ano de 2021, encontra-se na ordem de 698,92 m<sup>3</sup>/s e 362,35 m<sup>3</sup>/s, respectivamente, conforme mostra as figuras abaixo (Figura 4). O uso mais significativo está associado ao abastecimento urbano responsável por 36,5% (254,93 m<sup>3</sup>/s) do total de retirada de água, seguido pela irrigação 35,3% (246,67 m<sup>3</sup>/s) e indústria 14,4% (100,72 m<sup>3</sup>/s), os demais usos apresentam valores de retirada abaixo de 10%.

Figura 4 – Uso Consuntivo de água na Região Sudeste



O Estado do Rio de Janeiro, em relação aos demais Estados da Região Sudeste, é o terceiro com maior retirada de água equivalente a 88,89 m³/s, conforme mostra a figura abaixo (Figura 5). O abastecimento urbano e as termelétricas são os usos com maior retirada de água (58,98 m³/s e 11,99 m³/s, respectivamente). Já a indústria aparece em seguida com 11,5 m³/s de retirada de água correspondendo a 12,9% da retirada total. Ou seja, as atividades industriais são responsáveis pela retirada de 11,4 m³/s de água do sistema e consome em torno de 2,9 m³/s, essa observação permite inferir que uma grande parcela da água retirada dos corpos hídricos para suprir as demandas desse setor retornam em forma de efluentes para os mesmos no que chamamos de vazão de retorno. Essa vazão poderia ter uma redução bem acentuada ou até mesmo ser erradicada se as indústrias hidrotensivas e de grande porte, que contempla grande número de funcionários, adotassem tecnologias que permitissem a redução dessa perda.

Figura 5 – Uso Consuntivo de água no Estado do RJ



Fonte: ANA, 2021

Conforme a CNI (2013), mais dados e previsões, bem como ganhos de eficiência no aproveitamento de água nos processos produtivos, redução da descarga de efluentes e das perdas de água dos serviços de abastecimento público serão diferenciais importantes, em especial nas operações em regiões de escassez hídrica atual ou eminente. Os cenários globais apontam uma tendência de incremento médio da produtividade da água de 20% até 2030. O setor industrial brasileiro tem o desafio de acompanhar essa tendência, ajustando seus processos produtivos e aproveitando a oportunidade de prover tecnologia, máquinas e equipamentos para que essa seja uma realidade do conjunto dos setores usuários de água do país. Inovação e desenvolvimento tecnológico são essenciais para aumentar a confiança dos sistemas de monitoramento dos usos e da qualidade da água e para desvincular as curvas de crescimento econômico das curvas de incremento na demanda por água.

A água tem uma grande diversidade de aplicações no setor industrial, dependendo do tipo de produto ou serviço e processos associados. Pode ser aplicada como matéria-prima; reagente e solvente de substâncias sólidas, líquidas e gasosas; na lavagem e retenção de materiais contidos em misturas; como veículo de suspensão; e em operações envolvendo resfriamento e transmissão de calor (ANA 2019).

Segundo Mierzwa (2002) em uma indústria, em função das atividades desenvolvidas, a água é utilizada para vários fins, o que exige a utilização de vários tipos de água. A utilização da água em sistemas de resfriamento, geração de vapor, produção de alimentos, de bebidas e de medicamentos, são alguns exemplos nos quais as características físicas, químicas e biológicas exigidas para a água são marcadamente distintas. Além da preocupação com o seu grau de qualidade, também, deve ser levada em consideração, a quantidade de água necessária para o desenvolvimento das diversas atividades industriais, uma vez que, para cada aplicação, são necessários diferentes volumes de água.

A indústria de transformação, de acordo com a Classificação Nacional de Atividades Econômicas - CNAE 2.0, são as atividades que envolvem a transformação física, química e biológica de materiais, substâncias e componentes com a finalidade de se obterem produtos novos. Os materiais, substâncias e componentes transformados são insumos produzidos nas atividades agrícolas, florestais, de mineração, da pesca e produtos de outras atividades industriais, essas atividades no geral são classificadas em 24 divisões.

A partir dessas tipologias estabelecidas pela CNAE, Seção C e Divisões, a ANA (2019) definiu uma série de critérios visando estimar um coeficiente técnico do volume de retirada e consumo de água para cada atividade conforme representado na tabela abaixo (Tabela 2) onde o volume de retirada foi expresso no consumo diário por empregado em litro (L/empregado/dia). Como resultado foi possível constatar que as indústrias de alimentos, bebidas, celulose, papel e produtos de papel, petróleo e biocombustíveis, produtos químicos, e metalurgia correspondem, somadas, a cerca de 85% da demanda de retirada e 90% do consumo no Brasil.

Tabela 2– Matriz Agregada de Coeficientes Técnicos para Estimativa das Demandas Hídricas do Setor Industrial Brasileiro

CNAE 2.0	Tipologia industrial	Coeficientes Técnicos	
		Retirada (l/empregado/dia)	Consumo (%)
10	Fabricação de produtos alimentícios	4.600	75,90%
11	Fabricação de bebidas	8.713	24,40%
12	Fabricação de produtos do fumo	811	20,00%
13	Fabricação de produtos têxteis	1.873	22,50%
14	Confecção de artigos do vestuário e acessórios	510	18,50%
15	Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos para viagem e calçados	2.027	15,90%
16	Fabricação de produtos de madeira	344	24,30%
17	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	8.865	16,60%
18	Impressão e reprodução de gravações	173	18,80%
19	Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis	18.147	85,00%
20	Fabricação de produtos químicos	1.715	34,40%
21	Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	529	20,00%
22	Fabricação de produtos de borracha e de material plástico	248	20,80%
23	Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	676	46,50%
24	Metalurgia	3.781	24,30%
25	Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos	281	46,80%
26	Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	182	20,00%
27	Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos	167	20,00%
28	Fabricação de máquinas e equipamentos	203	18,90%
29	Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias	235	29,40%
30	Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores	1.270	19,80%
31	Fabricação de móveis	98	20,00%
32	Fabricação de produtos diversos	842	20,00%
33	Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	162	20,00%

Fonte: ANA, 2019

Uma metodologia similar foi adotada por CNI (2013) onde os coeficientes para geração da matriz do setor industrial brasileiro foram discriminados por tipologia de atividades econômicas, com base na Classificação Nacional de Atividades Econômicas - CNAE 2.0, e apresentados na unidade de metros cúbicos de água por unidade produzida ( $m^3$  /unidade produzida). A Figura 6, abaixo, representa a matriz de coeficiente técnico elaborada pela CNI com a compilação das principais atividades industriais que mais consomem água conforme dados produzidos pela ANA destacado no parágrafo anterior.

Figura 6 - Matriz de coeficientes técnicos

Código CNAE 2.0				Denominação	Coeficientes técnicos de uso da água ( $m^3$ /unidade da atividade)			Observações	
Seção	Divisão	Grupo	Classe		Unidade da atividade	Retirada	Consumo		Efluente
	11			FABRICAÇÃO DE BEBIDAS					
		11.1		Fabricação de bebidas alcoólicas					
			11.11-9	Fabricação de aguardentes e outras bebidas destiladas	$m^3$ produzido	1,24	0,47	0,77	
			11.12-7	Fabricação de vinho	t de uva	2,5	0,5	2,0	
			11.13-5	Fabricação de malte, cervejas e chopes	$m^3$ produzido	4,0 – 5,4	0,8 – 1,2	3,2 – 4,3	Foi feita estimativa de efluente para o limite superior adotando-se a geração de efluente igual a 78% do coeficiente de retirada.
		11.2		Fabricação de bebidas não-alcoólicas	$m^3$ produzido	1,4 – 3,0	0,9	0,5 – 2,1	
	17			FABRICAÇÃO DE CELULOSE, PAPEL E PRODUTOS DE PAPEL					
		17.1		Fabricação de celulose e outras pastas para a fabricação de papel	TSA – tonelada seca ao ar	25,9 – 46,8	3,2 – 5,8	22,7 – 41	
			17.2	Fabricação de papel, cartolina e papel-cartão	t papel	10 – 46,3	1,8 – 8,4	8,2 – 37,9	Para fabricas integradas (produção de celulose e papel) as faixas são: 38,0 – 63,0 $m^3/t$ de papel, 4,0 – 21,0 $m^3/t$ de papel, 34 – 42,0 $m^3/t$ de papel para os coeficientes de retirada, consumo e retorno respectivamente.
			17.3	Fabricação de embalagens de papel, cartolina, papel-cartão e papelão ondulado	t papel	0,46	0,33	0,13	
			17.4	Fabricação de produtos diversos de papel, cartolina, papel-cartão e papelão ondulado	t papel	13 – 27	4 – 9	9 – 18	
		19		FABRICAÇÃO DE COQUE, DE PRODUTOS DERIVADOS DO PETRÓLEO E DE BIOCOMBUSTÍVEIS					
		19.1		Coquerias	t coque	12,4	2,5	9,9	
		19.2		Fabricação de produtos derivados do petróleo	barris petróleo	0,188	0,038	0,15	
		19.3		Fabricação de biocombustíveis	t cana processada	2	2	-	O valor apresentado é a média, e o intervalo pode variar de 1 a 5 $m^3/t$ de cana.

Figura 6 – Continuação

	20		FABRICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS					
		20.1	Fabricação de produtos químicos inorgânicos	t produzida	3 – 6	2 – 4	2 – 12	
		20.2	Fabricação de produtos químicos orgânicos	t produzida	2 – 70	1 – 40	1 – 30	Adotou-se o intervalo apresentado para produtos químicos intermediários para plastificantes, resinas e fibras que apresenta a faixa mais ampla. Produtos químicos orgânicos não especificados (retirada = 2 – 15 m <sup>3</sup> /ton, efluente = 1 – 11 m <sup>3</sup> /ton) Produtos petroquímicos básicos (retirada = 4 – 17 m <sup>3</sup> /ton, efluente = 2 – 13 m <sup>3</sup> /ton).
		20.3	Fabricação de resinas e elastômeros	t produzida	2 – 15	1 – 4	1 – 11	
		20.4	Fabricação de fibras artificiais e sintéticas	t produzida	1,25	0,25	1,00	
		20.5	Fabricação de defensivos agrícolas e desinfetantes domissanitários	t produzida	10,3	3,3	7,0	
		20.6	Fabricação de sabões, detergentes, produtos de limpeza, cosméticos, produtos de perfumaria e de higiene pessoal	t produzida	1,2 – 1,7	0,6 – 0,8	0,6 – 0,9	
		20.7	Fabricação de tintas, vernizes, esmaltes, lacas e produtos afins	t produzida	1	0,7	0,3	
		20.9	Fabricação de produtos e preparados químicos diversos	t produzida	0,5 – 60	0,0 – 10	0,5 – 50	
	24		METALURGIA					
		24.1	Produção de ferro-gusa e de ferroligas	t produzida	1,25	0,25	1,00	
		24.2	Siderurgia	t aço bruto	33,6	8,7	24,9	Dados para valores médios. Limite mínimo para o coeficiente de retirada, consumo e efluente são iguais, respectivamente a: 1,37 m <sup>3</sup> /t, 1,23 m <sup>3</sup> /t, 0,08 m <sup>3</sup> /t, e os limites superiores iguais a: 81,68 m <sup>3</sup> /t, 26,93 m <sup>3</sup> /t e 79,39 m <sup>3</sup> /t.
		24.3	Produção de tubos de aço, exceto tubos sem costura	t produzida	1,25 – 52,5	0,25 – 10,5	1,0 – 42,0	
		24.4	Metalurgia dos metais não-ferrosos	t produzida	1,24 – 3,5	0,25 – 0,7	0,99 – 2,8	
		24.5	Fundição	t produzida	5	1	4	Foi adotado o valor de 20% do captado para estimar o consumo.

Fonte: CNI, 2013.

Assim, é possível observar que dentre as divisões analisadas, a Fabricação de Celulose, Papel e Produtos de Papel (Divisão 17) é a mais representativa, com destaque para o grupo 17.1 onde a vazão de retirada varia de 25,9 a 46,8 m<sup>3</sup>/TSA (tonelada seca ao ar).

Dentre os grupos que compõem a Fabricação de Coque, de Produtos Derivados do Petróleo e de Bicomcombustíveis (Divisão 19) o maior destaque fica para as coquearias onde a retirada de água chega a 12,4 m<sup>3</sup>/t de coque.

Quanto à Fabricação de Produtos Químicos (Divisão 20), destaque para a fabricação de produtos químicos orgânicos (grupo 20.2) onde a vazão de retirada está entre 2-70 m<sup>3</sup>/t produzida. Na metalurgia, os grupos mais representativos são siderurgia (24.2) e Produção de tubos de aço, exceto tubos sem costura (24.3) onde

a vazão de retirada foi estimada em torno de 33,6 m<sup>3</sup>/t de aço bruto e 1,25-52 m<sup>3</sup>/t produzida, respectivamente.

#### 4.1 CONSUMO DE ÁGUA NAS ETAPAS DE PRODUÇÃO

O CEBDS (2016) faz uma breve descrição sobre o consumo de água nas etapas de produção dos principais setores da indústria que se destacam pelo uso significativo dos recursos hídricos, sendo esses o processamento de alimentos, a indústria automotiva, petroquímica, aço e metalurgia, mineração, bebidas e papel e celulose:

##### 4.1.2 PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS

O uso da água na produção de alimentos ocorre em quatro etapas distintas, a primeira etapa ocorre na produção primária de onde se providencia a matéria prima como a agricultura, pecuária ou produção de laticínios, cabendo essa etapa a um setor específico.

As demais etapas refere-se ao processo de fabricação onde na segunda etapa pode ser destacado a limpeza e desinfecção dos ingredientes e todos os produtos que tem contato direto com o alimento. Resfriamento e aquecimento são etapas importantes na produção onde demanda grande quantidade de água podendo variar conforme as instalações. O último dos principais usos é a incorporação da água na comida, como parte da receita ou do produto final.

Os requisitos para o uso da água na produção de alimentos devem ser elevados onde a maior parte desse recurso deve ser potável.

##### 4.1.3 AUTOMOTIVA

A produção automotiva em geral se define em 5 etapas. Na primeira etapa a forma das placas é definida após passar pela prensa onde ocorre um consumo de água equivalente a 16% do total. Já na segunda etapa as placas seguem para a funilaria onde são soldadas em conjunto e o consumo de água chega a atingir 4,6% do total. Em seguida a estrutura montada segue para a pintura que é a terceira etapa onde o consumo de água é o mais significativo alcançando 50% do volume total, isso ocorre devido às diversas etapas no processo de pintura além de grande

número de enxágues. A água utilizada gera efluentes contendo principalmente petróleo e metais. O segundo maior consumo de água ocorre na quarta etapa onde após a pintura o motor é testado, o equipamento é lavado e, em seguida, tudo é instalado, essa fase envolve limpeza e trocadores de calor e o consumo de água pode atingir a 1/5 do total.

A montagem é o processo final, onde os testes são feitos. Um consumo de 9,5% é esperado para esta fase. A maioria das indústrias automotivas que têm uma reutilização maximizada de água devido a implementação de iniciativas, tem reduzido o consumo de água para uma média de 3,7 m<sup>3</sup>, como na Fiat Chrysler Automobiles, por veículo produzido.

#### 4.1.4 PETROQUÍMICA

O setor petroquímico é o mais expressivo na indústria química sendo responsáveis pela transformação de produtos originários do petróleo e gás natural em bens tais como plásticos, borrachas, fibras sintéticas, detergentes e fertilizantes. Nesse setor o maior consumo de água consiste principalmente nas torres de resfriamento onde existe uma grande quantidade de perda de água para a evaporação. A grande vantagem é que nesse processo a água é reutilizada, pois, considerando se tratar de um sistema fechado a água dos trocadores não entram em contato com os materiais processados, o que não altera a qualidade da água em relação ao seu estado inicial.

#### 4.1.5 AÇO E METALÚRGICA

A metalurgia é a responsável pela transformação dos metais existentes na natureza, geralmente agregados a outros minerais, a fim que se tornem adequados para uso. As indústrias desse setor podem ser divididas naquelas que produzem ferro, tubos, metais não-ferrosos e fusão de metais e siderúrgica.

Já o setor siderúrgico é uma espécie de metalúrgica especializada responsável pela produção de aço, feito em alto-forno, com a mistura de ferro, coque e cal. Esse setor é um grande consumidor de água principalmente no processo que

envolve o resfriamento do coque, onde grande parte da água se perde no processo de evaporação.

A fabricação de placas de aço é outro processo que envolve grande perda de água na etapa produção, pois são submetidas a condições de temperaturas muito elevadas onde é necessária grande quantidade de água para o resfriamento, ocorrendo perdas por evaporação.

#### 4.1.6 MINERAÇÃO

Na mineração a água é utilizada em uma gama de atividades desde a extração até a entrega ao cliente e inclui processamento mineral, supressão de poeira, transporte de rejeito e uso administrativo.

O processo básico de mineração para todos os minerais consiste em duas etapas: extração e beneficiamento, sendo o último específico para cada tipo de mineral.

O processo de beneficiamento visa mudar a granulometria e a concentração relativa de minerais através de diferenças físicas e químicas existentes no mineral. Nesse processo são separados os minerais de ganga dos minerais de minério e geralmente é composto por etapas de moagem, lavagem e secagem.

Outros processos são realizados na mineração como a flotação, utilizado para realizar a separação dos minerais e a moagem que reduz o material em partes menores e requer alta umidade. Ambos os processos fazem alto consumo de água.

A supressão de pó também é um processo na mineração que consome uma grande quantidade de água devido a suspensão de poeira durante a exploração e também durante o transporte. A supressão costuma ser feita com água e ao longo das vias de acesso da mina, especialmente porque elas são geralmente de estrada de terra, e sobre as pilhas de minerais, já que o seu pó pode ser facilmente transportado e se espalhar.

#### 4.1.7 BEBIDAS

A produção de bebidas em geral exige uma grande quantidade de água limpa (com potabilidade) como parte do input principal da produção.

Além da utilização como matéria prima, também é necessária água para operações de limpeza, de resfriamento e de aquecimento, comuns a várias indústrias. A limpeza inclui os pátios da fábrica e limpezas mais nobres, como a limpeza das embalagens e ingredientes, como frutas.

#### 4.1.8 PAPEL E CELULOSE

Na produção de papel, o consumo de água inicia-se na limpeza, com a lavagem, o descascamento e o corte das árvores. Depois de limpas, as toras são levadas para o cozimento, onde são preparadas imersas numa solução aquosa de hidróxido de sódio e sulfureto de sódio.

Depois de cozido, o efluente é separado da polpa, que também deve ser lavada antes de seguir para a próxima etapa. O licor usado no cozimento é completamente recuperado, mas falhas como perdas e derramamentos podem acabar sendo fontes pontuais de contaminação.

No final de cada etapa, a pasta deve ser lavada para remover o produto químico e é encaminhada para a próxima etapa do branqueamento. O sistema de lavagem é em contracorrente, a fim de reduzir o consumo de água, energia e reagentes. A lavagem serve para duas coisas, engrossar a polpa e alterar a temperatura.

De fato o Brasil é um país industrializado, grande parte das regiões brasileiras possui polos industriais, sendo mais proeminente nas regiões Sul e Sudeste. Essa forte industrialização impacta positivamente no fortalecimento de nossa economia, entretanto, a necessidade por recursos hídricos em grande quantidade pode se tornar um fator limitante para o funcionamento desse setor, principalmente por conta da baixa oferta hídrica existente em algumas regiões e também devido a fatores climáticos extremos como as secas. Surge então a necessidade das industriais, principalmente as hidroativas, investirem em tecnologias que possibilitem maximizar a eficiência do consumo de água nos processos de produção garantindo maior segurança hídrica para o setor industrial.

## 5 TECNOLOGIAS PARA REDUÇÃO DE CONSUMO DE ÁGUA

De acordo com Bicudo et al (2010) a crise da água no século XXI é, além de uma crise de escassez e estresse de água, mais do que tudo uma crise de gerenciamento. Novas e criativas possibilidades de gerenciamento e governança da água podem, por um lado, ser desenvolvidas a partir de uma interação de pesquisadores e gerentes sob a forma de apoio a projetos de gestão e cursos de treinamento. Por outro lado, entretanto, análises estratégicas permanentes e de prospecção tecnológica são cada vez mais necessárias para diminuir a vulnerabilidade e os riscos de desabastecimento, deterioração da qualidade e de escassez da água.

Atualmente muitas indústrias vêm intensificando seu compromisso com as questões ambientais principalmente no que tange sobre a gestão sustentável dos recursos hídricos, esse setor vem se adaptando ao atual cenário de recorrentes crises hídricas através da implementação de tecnologias que possibilitam a redução do consumo de água e ao mesmo tempo mantêm a produtividade da empresa sem risco de maiores prejuízos econômicos associados a crise hídrica.

Conforme destaca Hespanhol (2010), um inventário efetuado sobre meio ambiente brasileiro em 2007, mostrou particularmente que o setor industrial considera a gestão ambiental como um instrumento fundamental para promover a sustentabilidade empresarial. O objetivo desse anuário foi o de identificar o conjunto de práticas adotadas pelo setor produtivo para reduzir o insumo de produtos naturais e gerar menor quantidade de efluentes. O anuário mostrou resultados bastante satisfatórios, pois o resumo com 412 registros evidenciaram que 44 % das empresas só contratam fornecedores que empregam procedimentos de gestão ambiental, 47% utilizam fontes renováveis de energia, 49 % pesquisam tecnologias para reduzir as emissões atmosféricas, 53% possuem ISO 14001, 59% desenvolvem programas de plantio de árvores, 61% têm metas de redução do consumo de água e energia elétrica, 81% declaram, no organograma, a quem cabe a responsabilidade sobre gestão ambiental e 81% praticam a coleta seletiva de lixo.

Hespanhol (2010) aponta ainda que a indústria utiliza frações variáveis de água natural, superficial e subterrânea, e do sistema público de distribuição, mas, no período de 1990-2000 um levantamento realizado pelo Departamento de Água e

Energia Elétrica (DAEE) no estado de São Paulo, já demonstrava que o consumo de água superficial pelas indústrias teve uma redução de aproximadamente 15% (Figura 7).

Figura 7 - Variação do consumo de águas superficiais no estado de São Paulo

Segmento Industrial	Captação superficial ( $m^3 s^{-1}$ )	
	1990	2000
Açúcar e álcool	46,24	42,3
Químico e petroquímico	17,97	15,9
Papel e celulose	13,20	11,6
Metalúrgico	10,64	7,0
Alimentos e bebidas	10,55	6,7
Têxtil	4,19	4,0
Total	102,79	87,5

Fonte: DAEE, 2000.

De acordo com Hespanhol (2010), o mesmo aconteceu para o consumo de água dos sistemas públicos de distribuição onde foi observada uma redução gradativa. Os volumes faturados pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP em 2000 mostraram, no Estado de São Paulo, uma queda de consumo de 40%, como indicado na Figura abaixo (Figura 8).

Figura 8 - Volumes faturados de água e esgoto pela SABESP no período 1998-2000

Ano	Volume de água ( $10^6 m^3$ )	Volume de esgoto ( $10^6 m^3$ )
1998	39,0	25,0
1999	34,0	28,0
2000	33,0	30,0
2001	31,0	27,0
2002	31,0	28,0
2003	30,8	29,2
2004	23,4	23,2

Fonte: Sabesp, 2000.

Dados mais recentes levantados pela FIRJAN (2015) durante o período da crise hídrica que afetou a região Sudeste em 2014 e 2015 evidenciaram que a indústria fluminense adotou medidas voltadas para a racionalização do consumo e a reutilização de água onde 56,7% das empresas realizaram ações para redução do

consumo fazendo com que nesse período o uso de água pela indústria tivesse uma redução de 25%.

## 5.1 TIPOS DE TECNOLOGIAS

Atualmente algumas tecnologias já bastante difundidas e consolidadas são amplamente utilizadas pelas indústrias para que a eficiência no consumo da água atinja a patamares sustentáveis evitando dessa forma prejuízos de ordem econômica para o setor. Dentre os meios que contribuem para um consumo sustentável implementados pelas indústrias que veremos a seguir está o reuso de água.

### 5.1.2 REUSO DE ÁGUA PARA FINS INDUSTRIAIS

Programas de reuso industrial planejado começaram nos EUA na década de 1940, quando efluentes de esgoto doméstico clorado foram utilizados para processamento de aço. Na Suécia, um aumento de 5 a 6 vezes no reuso foi observado entre as décadas de 1930 e 1970. Durante os últimos anos, os benefícios da promoção do reuso de efluentes como forma de complementar o acesso a recursos hídricos têm sido mundialmente reconhecidos (ABIQUIM, 2016).

No Brasil, destacam-se algumas ações a partir de 1992, com a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental de São Paulo (Abes-SP), que apresenta um relatório com algumas recomendações para estimular o reuso como uma alternativa ambiental. Havia ações específicas para reciclagem da água em indústrias. Muitas delas foram implementadas, e resultados expressivos foram conseguidos. Entretanto, pela complexidade do tema, muitas incertezas ainda persistem e o desafio continua (ABIQUIM, 2016).

O reuso de água pode ser classificado, em um gerenciamento de água e efluentes na indústria, como a utilização dos efluentes tratados nas respectivas estações ou de tratamento, em substituição à fonte de água normalmente utilizada. A adoção deste procedimento irá contribuir para a redução do volume de água captado pela indústria (MIERZWA, 2002).

Para ABIQUIM (2016) água industrial de reuso é aquela produzida a partir dos efluentes industriais dos vários processos produtivos, de áreas administrativas e de outros setores ou mesmo de efluentes ou esgotos externos tratados e reutilizados nas unidades industriais.

A FIRJAN (2007) destaca que existem duas alternativas para a aplicação da prática de reuso em indústrias, sendo uma o reuso macro externo, definido como o uso de efluentes tratados provenientes das estações administradas por concessionárias ou outras indústrias e a segunda é o uso macro interno definido como o uso interno de efluentes, tratados ou não, provenientes de atividades realizadas na própria indústria, podendo ser realizado de duas formas: reuso em cascata e reuso de efluentes tratados.

No reuso em cascata o efluente gerado em um determinado processo industrial é diretamente utilizado, sem tratamento, em outro subsequente, pois o efluente gerado atende aos requisitos de qualidade da água exigidos pelo processo subsequente. O reuso em cascata apresenta duas variações sendo a primeira o reuso parcial de efluentes que consiste na utilização de uma parcela do efluente gerado o qual é indicado quando ocorre a variação da concentração dos contaminantes no efluente com o tempo. Esta situação é comum em operações de lavagem com alimentação de água e descarte do efluente de forma contínua (FIRJAN, 2007).

Outra variação do reuso em cascata se trata da mistura do efluente com água de qualquer outro sistema de coleta convencional, este caso ocorre quando o efluente gerado apresenta características de qualidade próximas das necessárias para uma determinada aplicação, não sendo, entretanto, suficiente para possibilitar o reuso, ou quando a vazão desse efluente não atende à demanda total (FIRJAN, 2007).

Já o reuso de efluentes tratados representa a forma de reuso mais utilizada na indústria o qual consiste na utilização de efluentes gerados localmente, após tratamento adequado para a obtenção da qualidade necessária aos usos pré estabelecidos. Para avaliação do potencial dessa técnica deve ser considerada a elevação da concentração de contaminantes que não são eliminados pelas técnicas de tratamento empregadas, pois na maioria das indústrias os tipos de tratamento de efluentes utilizados não permitem a remoção dos compostos inorgânicos solúveis. Para avaliar o aumento desses compostos nos ciclos de reuso, adota-se uma

variável conservativa que seja representativa da maioria dos processos industriais, sendo o parâmetro Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) o mais utilizado nos balanços de massa para determinar as porcentagens máximas de reuso possível. Portanto, para determinar a quantidade de efluente que pode ser utilizada em um determinado processo industrial, é necessário elaborar um balanço de massa, para verificar a evolução da concentração de SDT (FIRJAN, 2007).

De acordo com Hespanhol (2002) muitas indústrias implementam a tecnologia de reuso de água com o objetivo de reduzir os custos com o uso de água tratada fornecidos pelas concessionárias a um valor elevado, para o autor, a água de utilidade produzida através de tratamento de efluentes secundários e distribuída por adutoras que servem a um agrupamento significativo de indústrias, constitui-se, atualmente, em um grande atrativo para o abastecimento industrial a custos razoáveis.

Na região metropolitana de São Paulo, por exemplo, a água industrial oferecida pelo sistema público de distribuição tem tarifa variando entre R\$4,84/m<sup>3</sup> a R\$ 9,69/m<sup>3</sup>, dependendo do consumo mensal, enquanto que a oferta de água de reuso oscila entre R\$ 1,39/m<sup>3</sup> a R\$ 1,89/m<sup>3</sup>, também em função da demanda mensal (HESPANHOL, 2010).

É importante ressaltar que a adoção de um projeto de reuso de água não tem apenas como escopo a redução de custos associados ao fornecimento de água da forma convencional, segundo ABIQUIM (2016) os projetos de reuso industrial de água podem ser implementados em várias situações, a depender de cada caso. As situações mais comuns de implementação são:

- Quando a empresa está sujeita a riscos de escassez hídrica;
- Quando o custo da água utilizada pela empresa é elevado a ponto de justificar um projeto de reuso;
- Quando a análise de viabilidade técnica e econômica do projeto é positiva;
- Quando, em sua política ambiental, a empresa preveja a reutilização desse recurso.

A água de reuso pode ser utilizada em diversas áreas de concentração industrial desde que atenda a parâmetros qualitativos e quantitativos, sendo essas

descritas a seguir (HESPANHOI, 2002; HESPANHOL e GONÇALVES, 2005; ABIQUIM, 2016):

Quadro 2 – Processos industriais que utilizam água de reuso

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Torre de resfriamento como água de <i>make-up</i></li> <li>• Construção civil, incluindo preparação e cura de concreto, e para compactação do solo</li> <li>• Processos industriais</li> <li>• Água de lavagem em processos gerais</li> <li>• Lavagem de equipamentos e veículos</li> <li>• Linha de produção</li> <li>• Caldeiras ou torres de resfriamento</li> <li>• Como matéria-prima em processos industriais</li> <li>• Uso para geração de energia</li> <li>• Na construção civil, cabines de pintura, combate a incêndio, rega de áreas verdes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pisos e alguns tipos de peças, principalmente na indústria mecânica</li> <li>• Pré-lavagem de matéria-prima</li> <li>• Lavagem de contenedores e pallets</li> <li>• Proteção contra incêndio industrial</li> <li>• Ajuste de pH</li> <li>• Como fluido de resfriamento ou Aquecimento:</li> <li>• Como descarga em vasos sanitários e mictórios</li> <li>• Caldeiras</li> <li>• Irrigação de áreas verdes de instalações industriais, lavagens de</li> </ul>
---	---

Fonte: (HESPANHOI, 2002; HESPANHOL e GONÇALVES, 2005; ABIQUIM, 2016).

A quantidade e a qualidade da água industrial de reuso dependem diretamente de uma série de fatores, que podem incluir (ABIQUIM, 2016):

- O tipo do processo industrial que gera o efluente, como, por exemplo: lavagem de equipamentos, lavagem de pisos e pátios, descargas de equipamentos, rejeitos dos processos de filtração, centrifugações e prensagens, e purgas de caldeiras e torres de resfriamento;
- O número de vezes que a água tenha sido reutilizada, uma vez que isto pode aumentar ou diminuir os níveis de concentração de contaminantes;
- As características dos produtos e superfícies em contato com a água. Deve-se considerar a compatibilidade dos materiais construtivos dos equipamentos

que estarão em contato com a água de reuso, bem como os produtos que também terão contato com ela;

- As reações que ocorrem durante o processo industrial. Em função dos contaminantes presentes na água de reuso, reações físico-químicas podem ocorrer no processo;
- Aditivos como biocidas e corretores de pH, que são utilizados para condicionamento das características da água de reuso;
- A temperatura da água, que pode ser um fator determinante em alguns processos que utilizam água de reuso como fluido de resfriamento.

Segundo a FIRJAN (2007) em alguns casos, para possibilitar o reuso de um determinado efluente, é necessário um tratamento preliminar adicional, para permitir que a concentração de um poluente específico seja compatível com o processo que o utiliza. Este tratamento adicional, muitas vezes, possibilita a eliminação dos contaminantes de interesse. Com isso, pode-se obter um efluente tratado com características de qualidade equivalentes à água que alimenta toda a unidade industrial, entretanto isso pode significar um entrave quanto a viabilidade técnica e econômica dos projetos de reuso de água nas indústrias.

### 5.1.3 RECARGA ARTIFICIAL DE AQUÍFEROS (RAA)

A recarga artificial de aquíferos (RAA) também pode ser vista como uma modalidade de reuso de água, segundo Hespanhol (2002) “aquíferos subterrâneos são, em níveis diversos, realimentados através de zonas ou áreas de recarga, ou diretamente, através de irrigação ou precipitação, o que, eventualmente, pode resultar em poluição de suas águas. A engenharia de recursos hídricos desenvolvem, com a finalidade de aumentar a disponibilidade de água e, eventualmente de resolver problemas localizados, a tecnologia de recarga artificial, utilizando efluentes adequadamente tratados” (apud CROOK et al., 1992; IDELOVITCH, MICHAIL e MEDY, 1984) sendo essa modalidade direcionada para os seguintes objetivos:

- Proporcionar tratamento adicional de efluentes;

- Aumentar a disponibilidade de água em aquíferos potáveis ou não potáveis;
- Proporcionar reservatórios de água para uso futuro;
- Prevenir subsidência do solo;
- Prevenir a intrusão de cunha salina, em aquíferos costeiros.

O método de recarga de aquíferos é uma tecnologia que pode garantir impactos importantes, em relação ao tratamento de afluentes, do ponto de vista econômico e qualitativo, pois, de acordo com HESPANHOL (2002) a infiltração e percolação de efluentes tratados se beneficiam da capacidade natural de biodegradação e filtração dos solos, proporcionando um tratamento in situ e permitindo, em função do tipo de efluente considerado, dos métodos de recarga, de condições hidrogeológicas e dos usos previstos, eliminar a necessidade de sistemas de tratamento avançados.

Os aquíferos subterrâneos também são considerados bastante eficazes principalmente para certos tipos de uso que necessitam de grandes reservatórios para atender atividades específicas, uma vez que se constituem como reservatórios naturais transportadores de efluentes tratados e que permitem eliminação de custos relativos ao transporte de efluentes e ao mesmo tempo equacionam problemas ambientais comuns à reservatórios de armazenamento de água que comprometem a qualidade desse recurso Hespagnol (2002).

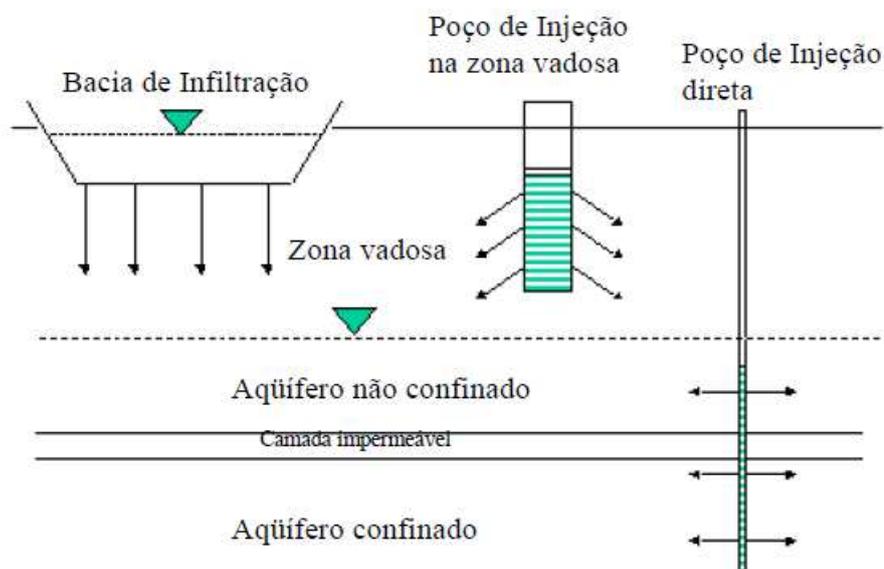
É importante destacar que a RAA é garantida pela Resolução 153/2013 a qual estabelece critérios e diretrizes para implantação de recarga artificial de aquíferos no território brasileiro. De acordo com o art. 5º da referida resolução, a recarga artificial de aquíferos dependerá de autorização da entidade ou órgão gestor estadual de recursos hídricos ao empreendedor e estará condicionada à realização de estudos que comprovem sua viabilidade técnica, econômica, sanitária e ambiental.

A recarga artificial também pode ser uma tecnologia a ser utilizada pelo setor industrial trazendo grandes benefícios, uma vez que, a captação de águas subterrâneas por grandes indústrias, que disponham de grandes áreas, pode ser complementada com a recarga artificial dos aquíferos subjacentes à própria indústria. Esta recarga pode ser efetuada com os efluentes domésticos ou industriais, após tratamento adequado, através de bacias de infiltração (FIRJAN, 2007). Considerando a eficácia dessa tecnologia na redução de poluentes e

patógenos, os custos do sistema de tratamento para recarga podem ser bastante atrativos em alguns casos, podendo ser inferior aos do tratamento necessário ao reuso direto.

A recarga artificial de aquíferos pode ser processada através de três métodos básicos (HEPANHOL,2002; HEPANHOL,2005; MOURA, 2004 apud FOX, 1999):

Figura 9 – Métodos de recarga artificial de aquífero



Fonte: FOX, 1999.

- **Injeção direta através de poços**

Os poços de injeção constituem uma técnica de recarga artificial onde a água é bombeada diretamente nos poços. São utilizados quando não estão disponíveis zonas permeáveis na zona não saturada e quando os aquíferos são profundos ou confinados. A tecnologia para implantação e os requisitos de qualidade da água de recarga são mais exigentes do que nos sistemas de recarga à superfície. Dessa forma, utiliza-se água pluvial coletada no telhado de casas, prédios, galpões, etc. devido sua melhor qualidade em comparação à de escoamento superficial (BARBOSA, 2008).

A recarga através de poços de injeção requer a construção de poços projetados especificamente para esta finalidade, estendendo-se através da camada

insaturada até o aquífero. Os efluentes recuperados são injetados diretamente, sob pressão, geralmente em aquíferos profundos e bem confinados.

Esse método é mais adequado quando os aquíferos são muito profundos ou quando a topografia local ou disponibilidade de área torna a técnica de infiltração impraticável ou excessivamente custosa, e tem sido empregada com êxito para a proteção de aquíferos costeiros visando evitar a intrusão de água salgada, tendo como referência algumas experiências internacionais como a da região de Los Angeles (Coastal Barrier Project, Orange County Sanitation District), em El Paso, Texas (Fred Harvey Water Reclamation and Groundwater Recharge Project) e no Sultanato de Omã (Muskat e Salalah), (HESPANHOL,2002).

Os custos envolvidos são significativamente elevados tanto no que se refere à construção do poço quanto em relação aos níveis de tratamento necessários para a proteção da qualidade da água no aquífero.

- **Poços de injeção na zona vadosa**

A recarga de aquífero através da injeção diretamente na zona vadosa do solo agrega os benefícios do TSA e a eficiência da injeção direta, sendo indicado para as seguintes situações:

- Locais onde o custo da terra inviabiliza a utilização de bacias de infiltração; e
- Quando se deseja uma tecnologia mais simples e barata que a injeção direta.

Esse método apresenta as seguintes vantagens:

- Pode ser implementado próximo aos sistemas de abastecimento de água, reduzindo o custo com sistema de transporte;
- Opções mais econômicas que as bacias de infiltração, quando o custo da terra for elevado, e os poços de injeção direta; e
- Reduzida perda por evaporação quando comparada a bacia de infiltração.

Desvantagens associadas a esse método de recarga de aquíferos:

- Requer um efluente de sistemas de tratamento de esgoto sanitário (ESTES) de elevada qualidade;
  - Pode criar áreas contaminadas, mas com menor potencial que as bacias de infiltração.
- **Sistemas de infiltração superficial utilizando bacias ou canais de infiltração**

Este é o método mais simples, antigo e amplamente utilizado para executar a Recarga artificial de aquíferos (RAA), pois baseia-se na simples infiltração da água destinada à recarga. O método é preferido por permitir o uso eficiente do espaço e requerer uma manutenção simples e rápida, sendo sua utilização indicada para áreas que disponham de topografia favorável e solos que apresentem boa permeabilidade (MOURA, 2004 *apud* ASANO, 1999).

Através desse método é possível obter níveis de tratamento consideráveis, devido ao movimento dos efluentes através do solo, camada insaturada e no próprio aquífero. Este é o sistema designado Tratamento Solo Aquífero (TSA) que vem sendo empregado com sucesso em diversas partes do mundo (Região do Dan em Israel, Chipre, Estados Unidos nos Estados do Arizona, Califórnia, Nevada, etc.) (HEPANHOL, 2002 *apud* BOUWER e RICE, 1989; BOUWER, 1991; FOSTER, GALÉ e HESPANHOL, 1994; HESPANHOL, 1993; TUCSON WATER, 1988; TUCSON WATER, 1999).

O custo médio associados aos sistemas TSA pode ser 40% inferior em relação aos sistemas de tratamento convencionais equivalentes, operando na superfície e, além disso, proporciona níveis de tratamento elevados em termo de compostos orgânicos (remoção de DBO, DQO, CODT), organismos patogênicos (coliformes fecais, criptosporídeos, giárdia e vírus) e compostos inorgânicos (nitrogênio e metais pesados) (HEPANHOL, 2002 *apud* HAFER, ARNOLD, LANSEY e CHIPELLO, 2001; ARNOLD e QUANRUD, 1998).

A remoção de organismos patogênicos e de compostos orgânicos e inorgânicos depende da qualidade do efluente a ser infiltrado e das características hidrogeológicas da camada insaturada e do aquífero (HESPANHOL, 2005).

Segundo Hespanhol (2002), algumas condições hidrogeológicas são favoráveis para permitir a recarga artificial de esgotos domésticos tratados através

do sistema TSA. As condições consideradas ideais são associadas aos seguintes fatores:

- Solo permeável com taxas de infiltração razoável;
- Camada insaturada com espessura suficiente para estocar o volume de recarga necessário;
- Ausência de camadas impermeáveis que causem excessiva acumulação dos volumes infiltrados antes de atingir o aquífero;
- Distribuição granulométrica na camada insaturada superior que suporte a prática do sistema TSA;
- Coeficiente de transmissividade que não causem retenção excessiva de água no aquífero;
- Aquífero não confinado.

Apesar da qualidade da água após do TSA, alguns cuidados devem ser tomados para evitar a contaminação do aquífero. Dentre as medidas de projeto e manejo recomendada incluem-se (MOURA, 2004 *apud* ASANO, 1999):

- Utilizar uma pequena parte da área do aquífero para realizar a recarga; e
- A distância entre as bacias de infiltração e poços deve ser a maior possível (normalmente entre 50 –100 metros).

Dentre as vantagens da utilização de bacias de infiltração para a RAA incluem-se:

- Permitir a reposição da água subterrânea onde sua retirada é excessiva, tal como em áreas urbanas e agrícolas; e
- A infiltração superficial apresenta os benefícios do tratamento no solo e a facilidade de transporte pelo aquífero.

O TSA é utilizado para a remoção de contaminantes nas zonas insaturada (zona vadosa) e saturada do aquífero, mas tem uma capacidade limitada para remoção dos contaminantes presentes nas águas de recarga e, quando a concentração de contaminantes no solo excede sua capacidade de retenção (via adsorção), os contaminantes são carregados para o aquífero. Alguns autores

consideram o TSA inadequado, pois é visto como um processo que sobrecarrega o solo com contaminantes e cria áreas contaminadas (MOURA, 2004 *apud* LEE e JONES-LEE, 2000).

Dentre as desvantagens da utilização de bacias de infiltração para a RAA incluem-se:

- Ocupa grandes áreas;
- Apresenta perdas por evaporação; e
- Pode criar áreas contaminadas.

Figura 10 - Principais características das metodologias de recarga artificial de aquíferos (RAA).

Tipos de RRA	Bacias de recarga	Poços de injeção na zona vadosa	Poços de injeção direta
Tipo do aquífero	Livre	Livre	Livre ou confinado
Pré-tratamento requerido	Tecnologia simples	Remoção de sólidos	Tecnologia avançada
Custo de capital estimado (US\$)	Solo e sistema de distribuição	25.000-75.000 / poço	500.000-1.500.000 / poço
Capacidade	1.000-20.000 m <sup>3</sup> /ha.d	1.000-3000 m <sup>3</sup> /poço.d	2.000-6.000 m <sup>3</sup> / poço.d
Manutenção necessária	Secagem e raspagem	Secagem e desinfecção	Desinfecção e reversão de fluxo
Vida útil estimada	>100 anos	5-20 anos	25-50 anos
Tratamento solo aquífero	Zonas vadosa e saturada	Zonas vadosa e saturada	Zona saturada

Fonte: Adaptado de FOX, 1999 (Moura, 2004).

#### 5.1.4 PONTO DE MÍNIMO CONSUMO DE ÁGUA (“WATER PINCH”)

Water pinch é uma técnica sistemática para analisar redes de água e identificar projetos para aumentar a eficiência do uso da água em processos industriais. Aplicações avançadas fazem uso de algoritmos avançados para identificar e otimizar o melhor reuso de água, a regeneração (tratamento parcial da água de processo que permite seu reuso), e oportunidades de tratamento de efluentes. Relevantes reduções de água e efluentes industriais têm sido alcançadas através da aplicação de water pinch em várias tipologias industriais. Economias de

25 a 40% foram observadas nas indústrias que seguem: refinarias de petróleo, químicas, papel e celulose e alimentos e bebidas (POMBO, 2011 *apud* NATURAL RESOURCES CANADA, 2003).

O primeiro passo para se determinar o ponto de mínimo consumo de água é estabelecer as concentrações limites dos contaminantes envolvidos, na entrada e na saída dos processos. Com esses dados, realiza-se um balanço de massa para quantificar a carga de contaminantes transferida durante uma determinada operação (FIRJAN, 2015).

Como ocorre uma tendência do aumento da concentração de contaminantes durante o uso, é necessário identificar a possibilidade de utilização do efluente de um processo em outro que seja menos restritivo em termos de qualidade de água (FIRJAN, 2015).

De acordo com Mann e Liu (1999 *apud* MIERZWA & HESPANHOL 2005), a tecnologia do ponto de mínimo consumo de água é dividida em três momentos: análise, concepção e alteração. Na análise, identifica-se o mínimo consumo de água limpa e a geração de efluentes nas diversas operações que utilizam água. Na concepção, desenvolve-se uma estrutura de distribuição de água e coleta de efluentes que atenda aos fluxos mínimos previamente identificados, por meio da prática de reuso e regeneração. Por fim, na alteração modifica-se de modo efetivo uma estrutura de distribuição de água e coleta de efluentes existente para maximizar o reuso e minimizar a geração de efluentes através da real modificação do processo.

A ferramenta de ponto de mínimo consumo de água é de grande utilidade para novos projetos, pois permite definir a estrutura de distribuição de água, assim como a localização das unidades, para viabilizar o menor consumo de água e de geração de efluentes com o menor custo (FIRJAN, 2015).

#### 5.1.5 APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

As águas pluviais são fontes alternativas importantes, devido às grandes áreas de telhados e pátios disponíveis na maioria das indústrias. Além de apresentarem qualidade superior aos efluentes considerados para reuso, os sistemas utilizados para sua coleta e armazenamento não apresentam custos elevados e podem ser amortizados em períodos relativamente curtos. Esta fonte deve ser utilizada, na maioria das vezes, como complementar às fontes

convencionais, principalmente durante o período de chuvas intensas. Os reservatórios de descarte e de armazenamento devem ser projetados para condições específicas de local e de demanda industrial (FIRJAN, 2015).

Em um projeto realizado com instalação de um sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais em uma indústria de alimentos, foi obtida uma economia de água de 27% o que representa em torno 187 mil litros mensais gerando uma economia de aproximadamente R\$ 4.000,00 /mês e R\$ 50.000,00 /ano, considerando esse ter sido um projeto para armazenamento de 3.200.000 litros/ano de água, onde o investimento total foi de R\$162.887,71 com tempo de retorno do investimento, no melhor cenário, de 3 anos e 5 meses (LUCAS, 2016).

O aproveitamento de águas pluviais demanda estudos específicos para cada situação particular. São necessários dados de área de cobertura ou de pátios, séries históricas de índices pluviométricos diários, características da demanda industrial e de área disponível para implantação de reservatórios e de eventuais sistemas de tratamento e de distribuição (FIRJAN, 2015).

Outros aspectos estruturantes também são necessários para a implementação dessa tecnologia como um projeto específico para dimensionamento dos reservatórios, bem como dos demais componentes do sistema, considerando a demanda a ser atendida por esta fonte de água e as características pluviométricas locais (FIESP, 2004).

De acordo com a FIRJAN (2015), um sistema de aproveitamento de águas pluviais, em geral, é composto por:

- Reservatório de acumulação;
- Reservatório de descarte (eliminação da água dos primeiros minutos de chuva, que efetua a “limpeza” da cobertura);
- Reservatório de distribuição (atendendo às características da NBR 5626 – Instalação predial de água fria);
- Unidades separadoras de sólidos grosseiros;
- Sistema de pressurização através de bombas para abastecimento dos pontos de consumo;

- Sistemas de tratamento ou apenas sistema de dosagem de
- produtos para desinfecção da água;
- Tubos e conexões (rede independente).

Como foi visto no item 5, existe uma série de tecnologias disponíveis atualmente que podem garantir com eficiência a redução no consumo de água no setor industrial, esses investimentos podem trazer grandes benefícios econômicos e ao mesmo garantir a segurança hídrica para as empresas em tempos de escassez desse recurso. Além das tecnologias aqui destacadas outras também já encontram-se disponíveis, sendo utilizadas pelos setores da indústria alimentícia, automotiva, petroquímica, entre outros. Não só as indústrias utilizam esses mecanismos, mas também outros setores como a agricultura e pecuária são beneficiados pelas tecnologias de eficiência hídrica.

Todos esses setores aqui destacados entre outros, assim como as respectivas tecnologias que podem ser viáveis para cada segmento industrial e/ou agropecuário, viabilidade técnica e econômica para implementação projeto estão sistematicamente descritos em CEBDS (2016).

Em alguns casos a implementação de tecnologias para redução de consumo de água pode não ser viável técnica e economicamente para uma empresa, nesses casos, uma importante alternativa é associar a avaliação de viabilidade do projeto aos riscos de escassez, onde a demanda operacional da empresa pelo recurso em período de escassez seria a melhor justificativa para implementação técnicas de reuso de água segundo aponta ABIQUIM (2015).

De acordo com a FIESP (2004) numa avaliação econômica convencional a tomada de decisão sobre a implantação, ou não, de qualquer atividade ou projeto depende, basicamente, do montante de recursos, em geral financeiros, a ser investido e do retorno que se espera obter após a implantação desta mesma atividade ou projeto. Nesta situação, a decisão depende de uma análise comparativa entre os custos e benefícios diretamente relacionados à implantação da atividade ou projeto. Por outro lado, quando as questões ambientais estão envolvidas no processo de tomada de decisão, os conceitos de custo e benefício adquirem uma outra dimensão, visto que desse contexto estão presentes custos e benefícios intangíveis.

## 6 ASPECTOS LEGAIS RELACIONADOS AO USO DE ÁGUA SUSTENTÁVEL

### 6.1 LEI Nº 9.433/1997 POLÍTICA NACIONAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

A competência sobre a gestão dos recursos hídricos, seja esse recurso superficial ou subterrâneo, está diretamente atribuída ao poder público, sendo seu dever garantir o gerenciamento desses recursos através de normativas específicas.

O Brasil possui um arcabouço legal bastante robusto e que vem evoluindo constantemente, contribuindo de forma eficaz para a gestão da água a nível nacional e regional, essa evolução ocorre com a reformulação de leis ou com a criação de novos mecanismos legais. O conjunto dessas Leis, que interagem entre si de forma coesa, funciona como uma importante ferramenta para a gestão eficiente dos recursos hídricos.

A Lei nº 9.433/1997 que institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos pode ser considerada o marco legal sobre a gestão dos recursos hídricos a nível nacional. Através dessa Lei foi instituído os Planos de Recursos Hídricos, que é um dos instrumentos considerado como planos diretores que visam a fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos (BRASIL,1997).

Alguns avanços na Lei 9.433/1997 foram fundamentais para que as indústrias, mesmo que indiretamente, adotassem medidas para redução no consumo de água. Um desses avanços se baseia nos fundamentos legais da referida normativa, onde ficou definido que em períodos de escassez esse recurso pode ficar adstrito apenas ao consumo humano e dessedentação de animais, ou seja, ao mesmo tempo em que a Política Nacional dos Recursos Hídricos tenha como objetivo a garantia do uso múltiplo das águas atendendo a diversos setores, ela pode trazer também grande instabilidade ao setor industrial durante períodos de insegurança hídrica, principalmente às indústrias hidroativas que fazem uso de água da forma convencional, ou seja, que utilizam o recurso diretamente das concessionárias de abastecimento, ou que capta água de cursos hídricos que são fundamentais o abastecimento humano de uma região (BRASIL, 1997).

A Lei nº 9.433/1997 também estabelece dois instrumentos, dentre outros, que podem ser considerados um avanço na gestão hídrica e que incentivam as indústrias

a racionalizarem o consumo de água, é a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos e a cobrança pelo seu uso (BRASIL, 1997). Através desses dois instrumentos, toda indústria que capta água diretamente de um curso d'água superficial ou subterrâneo, deverá solicitar autorização do órgão público competente e ao mesmo tempo será passível de cobrança pela captação do recurso e lançamento do efluente.

De acordo com Hespanhol (2008) a cobrança pelo uso da água, embora criticada por alguns setores, inclusive formadores de opinião com atuação na área ambiental, se constitui em instrumento extremamente benéfico tanto em termos de conservação de recursos hídricos, uma vez que induz à gestão da demanda, como em termos de proteção ambiental, promovendo a redução da descarga de efluentes em corpos hídricos.

## 6.2 LEI ESTADUAL Nº 3.239/99 POLÍTICA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS

No Estado do Rio de Janeiro a instituição pública responsável por conceder a Outorga assim como estabelecer a cobrança pelo uso é o Instituto Estadual do Ambiente (INEA).

Segundo a instituição, a Outorga é o ato administrativo de autorização mediante o qual o órgão gestor de recursos hídricos faculta ao outorgado o direito de uso dos recursos hídricos, superficiais ou subterrâneos, por prazo determinado, nos termos e nas condições expressas no respectivo ato. Seu objetivo é assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso aos recursos hídricos (INEA, 2010).

A Lei 3.239/99 que instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos é a normativa que estabelece como dois de seus instrumentos a outorga do direito de uso dos recursos hídricos e a cobrança pelo uso dos recursos hídricos no território fluminense. Conforme descrito na referida Lei, as águas de domínio do Estado, seja superficial ou subterrânea, só poderão ser utilizadas após outorga emitida pelo poder público, estando sujeito a esse ato administrativo os seguintes tipos de uso de recursos hídricos (RIO DE JANEIRO, 1999):

- I. Derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água;

- II. Extração de água de aquífero;
- III. Lançamento, em corpo de água, de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;
- IV. Aproveitamento dos potenciais hidrelétricos; e
- V. Outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo hídrico.

Referente ao lançamento de efluentes pelas indústrias nos corpos hídricos, a Lei 3.239/99 estabelece uma regra específica, onde a outorga somente será concedida se a captação em cursos d'água se fizer a jusante do ponto de lançamento dos efluentes líquidos da própria instalação. Na prática a adoção desse método obriga às indústrias a lançarem o efluente nos corpos hídricos com padrões de qualidade aceitáveis atendendo a critérios estabelecidos por leis específicas, evitando assim a poluição dos cursos d'água.

A Política Estadual de Recursos Hídricos estabelece que, em algumas circunstâncias a outorga poderá ser suspensa, parcialmente ou totalmente, ou revogada. Alguns desses critérios definidos pela referida Lei podem trazer impactos direto para o setor industrial. De certa forma essa medida contribui positivamente para que as indústrias que fazem uso intensivo de água ou que são potencialmente poluidoras adotem mecanismos para mitigarem ou eliminarem os respectivos impactos. As circunstâncias definidas na lei que podem levar a suspensão de outorga e que estão relacionados a fatores ambientais, podendo afetar ao setor industrial, são (RIO DE JANEIRO, 1999):

- Necessidade premente de água para atender a situações de calamidade, inclusive as decorrentes de condições climáticas adversas;
- Necessidade de prevenir ou reverter significativa degradação ambiental;
- Comprometimento do ecossistema aquático ou do aquífero.

Em relação à cobrança pelo uso dos recursos hídricos, todos os tipos de utilização de água sujeitos a outorga, conforme elencados anteriormente, serão

passíveis de cobrança. Sobre as diretrizes e critérios de cobrança pelo uso dos recursos hídricos, essas deverão obedecer ao que ficou estabelecida pela Lei 4.247/2003. De acordo com a referida Lei a cobrança pelo uso dos recursos hídricos apresenta objetivos que são fundamentais para o fortalecimento da gestão dos recursos hídricos, além de incentivar o uso sustentável. São esses os objetivos (RIO DE JANEIRO, 2003):

- I. Reconhecer a água como bem econômico e como recurso limitado que desempenha importante papel no processo de desenvolvimento econômico e social, proporcionando aos usuários indicações de seu real valor e dos custos crescentes para sua obtenção;
- II. Incentivar a racionalização do uso da água;
- III. Incentivar a localização e a distribuição espacial de atividades produtivas no território estadual;
- IV. Fomentar processos produtivos tecnologicamente menos poluidores;
- V. Obter recursos financeiros necessários ao financiamento de estudos e à aplicação em programas, projetos, planos, ações, obras, aquisições, serviços e intervenções na gestão dos recursos hídricos proporcionando a implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos (PERHI);
- VI. Financiar pesquisas de recuperação e preservação de recursos hídricos subterrâneos.
- VII. Apoiar as iniciativas dos proprietários de terra onde se encontram as nascentes a fim de incentivar o reflorestamento e o aumento de seu volume de águas.

Algumas atividades que realizam derivação, captação ou extração de água não são passíveis de outorga e respectiva cobrança, uma vez que o uso seja considerado insignificante. Para as indústrias, por exemplo, conforme disposto na

Lei 4.247/2003, as vazões de captação com até 0,4 L/s (1,44 m<sup>3</sup>/h) com seus efluentes correspondentes são considerados insignificantes. Quanto a extração de água subterrânea, é considerada insignificante a extração cujo volume diário seja inferior a 5.000L e respectivos efluentes (RIO DE JANEIRO, 2003).

Nos casos descritos acima o usuário não se isenta de atos administrativos, sendo necessária concessão de Certidão Ambiental de uso insignificante de recursos hídricos a ser emitido pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA), atestando a viabilidade ambiental do seu uso, conforme definido na Norma Operacional INEA nº 40 (NOP-INEA-40) aprovado pela Resolução INEA nº 174/2019.

Nos casos em que o uso dos recursos hídricos ultrapasse o volume de captação superficial ou extração subterrânea, descritos anteriormente, caberá ao usuário requerer junto ao órgão competente o requerimento de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos. Nos casos específicos de extração de água subterrânea o usuário deverá requerer junto ao órgão ambiental requerimento de Autorização Ambiental para perfuração de poço.

Essas diretrizes estão disponíveis nas NOPs INEA 37 e 38, as quais são responsáveis por estabelecer critérios, definições e condições para outorga de direito de uso de recursos hídricos superficiais e subterrâneos, respectivamente.

Conforme destaca a FIESP (2004), a escassez de recursos hídricos impõe a necessidade de ações visando à conservação e ao gerenciamento adequado deste recurso. Para tal, é fundamental que a outorga, como instrumento de gerenciamento, leve em conta a eficiência dos processos na análise dos requerimentos, procurando incentivar e promover o uso eficiente da água, principalmente nas regiões em que ocorrerem conflitos de uso. Nesse aspecto a prática de reuso pode ser um fator importante para viabilizar a solução de conflitos em regiões onde haja escassez de recursos hídricos, ou problemas referentes à qualidade dos mesmos.

A nível estadual, o Governo do Rio de Janeiro, por meio das instituições responsáveis pela gestão dos recursos hídricos, vem intensificando a promulgação de normativas que tem como objetivo a racionalização de água através da utilização de métodos de reuso.

É importante enfatizar que a racionalização hídrica é destacada como uma das metas que deverá constar Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERHI), regularizado pela 3.239/99, para atingir índices de melhoria dos recursos hídricos.

Através da implementação de métodos de reuso, os setores empresariais poderão garantir a gestão da oferta de água evitando possíveis conflitos relacionados aos usos múltiplos dos recursos hídricos, principalmente em períodos de escassez. Além disso, o reuso de água possibilita a redução ou eliminação do lançamento de efluentes nos corpos hídricos garantindo a qualidade da água e evitando a degradação dos mesmos.

### 6.3 LEI ESTADUAL N° 6.034/2011

Uma das leis criada de abrangência Estadual é a Lei 6.034/2011, esse documento legal tem por objetivo estabelecer para as atividades que realizam lavagem de veículos a obrigatoriedade de instalação de equipamentos para tratamento e reutilização de água usada na lavagem dos veículos. Essa Lei se aplicada principalmente aos postos de combustíveis, lava-rápidos, transportadoras e empresas de ônibus urbanos intermunicipais e interestaduais (RIO DE JANEIRO, 2011).

### 6.4 LEI ESTADUAL N° 7.424/16

Já em 2016, foi instituída a Lei n° 7.424/16 que estabelece obrigatoriedade da utilização de água de reuso, sempre que houver esse recurso disponível, pelas instituições públicas estaduais, a saber: Os órgãos integrantes da administração pública estadual direta, das autarquias, das fundações instituídas ou mantidas pelo Poder Público, das empresas em cujo capital do Estado do Rio de Janeiro tenha participação, bem como as demais entidades por ele controladas direta ou indiretamente. De acordo com a referida Lei o Estado será responsável por providenciar lista dos locais para retirada da água de reuso e que poderá ser utilizada em algumas atividades para fins não potáveis, tais como (RIO DE JANEIRO, 2016):

- Agricultura em geral;
- irrigação de áreas verdes, parques, jardins, áreas turísticas, campos de esporte;
- lavagem de veículos públicos de qualquer tipo;

- lavagem de pisos, pátios e logradouros públicos;
- outros usos similares.

#### 6.5 LEI ESTADUAL N° 7.599/17

Em 2017 foi criada a Lei 7.599/17, trata-se de uma legislação específica para o setor industrial concernente ao reuso de água. Essa normativa foi criada com o objetivo de garantir a obrigatoriedade às indústrias a instalarem equipamentos de tratamento e reuso de água, essa regra é destinada a todas as indústrias que tiverem em seu quadro cem ou mais funcionários. As indústrias referidas na presente Lei teriam um prazo de 180 dias, a partir da data de sua publicação, para cumprirem as determinações impostas. As empresas que não cumprissem o regramento estabelecido na presente legislação estarão sujeitas a algumas penalidades e não poderiam (RIO DE JANEIRO, 2017):

- Não receber benefício e/ou incentivo do Estado do Rio de Janeiro;
- Ser contratadas pelo Estado do Rio de Janeiro;
- Firmar convênios ou instrumentos similares com o Estado do Rio de Janeiro.

#### 6.6 LEI ESTADUAL N° 7.987/18

A Lei Estadual 7.987/18 também com caráter normativo referente ao uso eficiente de água no setor empresarial estabelece a obrigatoriedade às atividades de estaleiros o reaproveitamento ou reutilização da água nos serviços prestados de reparo e manutenção em navios (casco jateados com água). A adaptação que deverá ser realizada pela empresa contará com um tanque de captação suficiente para o armazenamento da água de chuva coletada pelas canaletas e calhas das edificações e/ou utilização de qualquer outra tecnologia de produção de água através de uma estação de tratamentos de água do mar, onde o efluente passará por um processo de filtragem e cloração, gerando o subproduto conhecido como Água de Reuso (RIO DE JANEIRO, 2018).

A referida Lei autoriza também em seu Art. 4º a criação do Programa Estadual para o Uso Eficiente da Água no Setor Industrial que terá como objetivo

promover a eficiência hídrica através da reutilização, reaproveitamento e conservação da água, devendo ser prevista metas anuais de redução de perdas físicas e não físicas de água e do desperdício de água nos diferentes ramos industriais (RIO DE JANEIRO, 2018). No âmbito desse programa está previsto a implantação de um sistema de monitoração e avaliação do mesmo, com a definição dos indicadores de eficiência, cujos dados e informações técnicas deverão ser atualizados de forma semestral e estar disponíveis no site da Agência Reguladora de Energia e Saneamento Básico do Estado do Rio de Janeiro (Agenera).

Ainda com base da Lei 7.987/18, no art 7º, ela definirá condições necessárias para o tratamento da água a ser reutilizada, seja ela água servida ou água pluvial, a qual será destinada a uma estação de tratamento de efluentes onde será desinfetada e livre de microorganismos e elementos patogênicos. Além disso, todas as especificações técnicas para a execução do projeto e obras seguirão os padrões da ABNT (RIO DE JANEIRO, 2018).

#### 6.7 DECRETO ESTADUAL Nº 47.403/20

Já em 2020 por meio do Decreto Estadual 47.403/20 ficou estabelecida a política de reuso de água para fins não potáveis, duas considerações a serem destacadas para a criação desse decreto se justificam pelo potencial de reuso de águas residuária no estado do Rio de Janeiro como fonte alternativa de água para fins não potáveis, assim como a necessidade da criação de uma regulamentação com o tema reuso, de modo a estimular a prática desse método visando aumentar a segurança hídrica para o desenvolvimento econômico no âmbito estadual (RIO DE JANEIRO, 2020).

Os principais objetivos definidos pelo presente Decreto consistem em promover o estímulo às práticas de reuso de água para fins não potáveis; redução da demanda pela utilização de água bruta; redução da utilização de água potável para fins não potáveis; garantir, à atual e às futuras gerações, a necessária disponibilidade dos recursos naturais, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; promover a despoluição dos corpos hídricos e aquíferos (RIO DE JANEIRO, 2020).

Além disso, o presente Decreto estabelece 6 (seis) modalidades de reuso de água para fins não potáveis dentre eles o reuso para fins industriais onde a água de

reuso deverá ser utilizada em processos atividades e operações industriais. Destaca-se também que a aplicação das técnicas de reuso de água não excluem a utilização de outros métodos de uso racional da água, como a redução do consumo e deverá ser regulamentada pelo órgão ambiental e executor da política de recursos hídricos (RIO DE JANEIRO, 2020).

Conforme analisado até o momento, muitos avanços no âmbito da legislação estadual que incentivam a racionalização dos recursos hídricos foram estabelecidos e serão fundamentais para a consolidação de um gerenciamento eficiente. A aplicação sinérgica dessas normativas de fato pode contribuir para a melhoria da qualidade dos corpos hídricos e, além disso, pode garantir a segurança hídrica, equalizando possíveis conflitos relacionados aos usos múltiplos. Às indústrias, caberá se ajustar as diretrizes estabelecidas por esses instrumentos legais evitando que prejuízos impostos através penalidades possam comprometer essa atividade econômica e ao poder público caberá a manutenção desses procedimentos legais.

## **7 A REGIÃO HIDROGRÁFICA DO GUANDU**

A Região Hidrográfica Guandu (RH-II Guandu), área que compreende o presente estudo, localizada a sudoeste do território fluminense, se destaca como uma das mais importantes RHs que compõe o Estado do Rio de Janeiro. Para fins de gestão dos recursos hídricos no Estado ela foi criada através da Resolução CERHI-RJ Nº 107 que dividiu o ERJ em 9 Regiões Hidrográficas.

### **7.1 OS SISTEMAS DE TRANSPOSIÇÃO E O ABASTECIMENTO DA RMRJ**

A RH II - Guandu possui uma área de drenagem com aproximadamente 3.713 km<sup>2</sup>, esse espaço geográfico está interligado com a bacia do rio Paraíba do Sul através da Estação Elevatória de Santa Cecília, sistema de transposição operado pela Light S/A, que transfere água deste rio para o Reservatório de Santana, onde a partir de uma nova estação elevatória se realiza a transferência das águas para a vertente sul da Serra do Mar. Além disso, parte da vazão do rio Piraí é transposta para a bacia do rio Guandu por meio da Elevatória de Vigário e do Túnel

de Tócos, que contribui para o abastecimento do Reservatório Ribeirão das Lajes ( PERH Guandu, 2018).

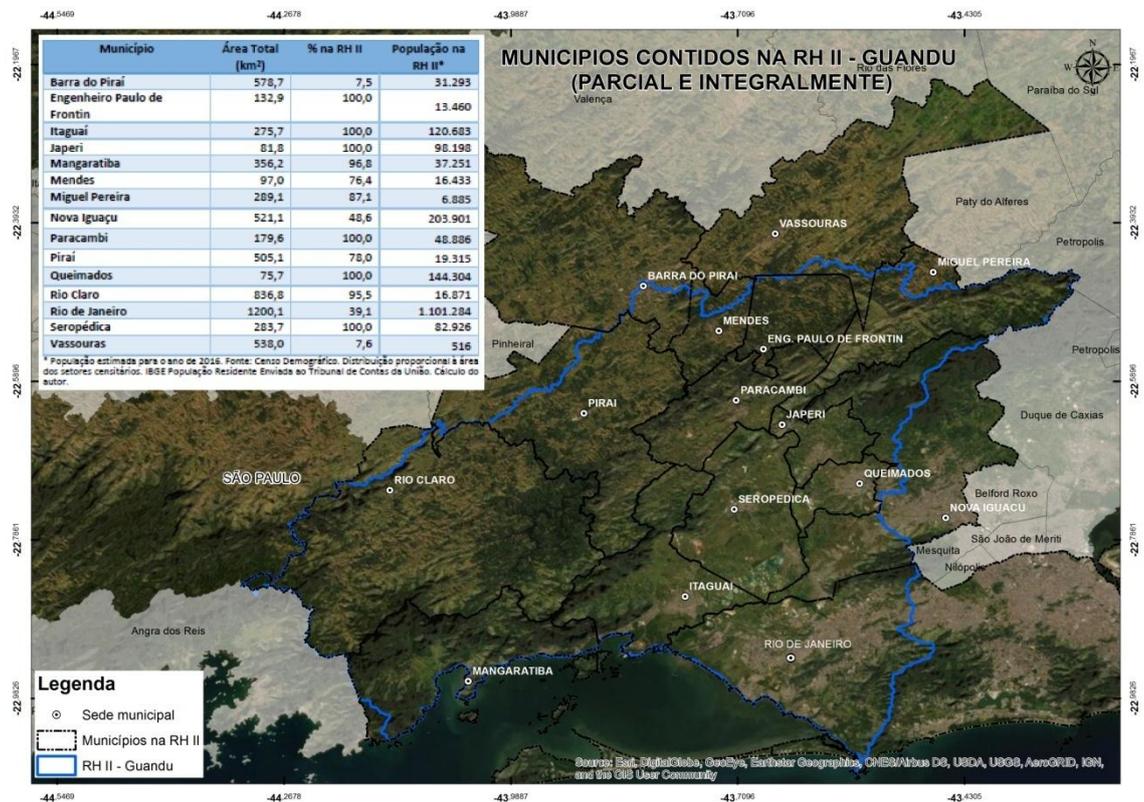
Segundo Ambrosio et al (2017 *apud* Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica dos Rios Guandu, Guarda e Guandu Mirim PERH-Guandu, 2006), o sistema hidráulico do Paraíba do Sul impressiona por sua complexidade, ele é composto por dezenas de estruturas que viabilizam ao rio Guandu, que em condições naturais teria uma vazão média de cerca de 25 m<sup>3</sup>/s, a receber uma contribuição média de 146 m<sup>3</sup>/s do desvio Paraíba do Sul - Piraí e de 10 m<sup>3</sup>/s do desvio Tocos-Lajes.

Toda essa estrutura complexa de transposição confere a RH II uma área estratégica e de fundamental importância para o abastecimento de grande parcela da população fluminense, segundo a ANA (2021) a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) compreende 22 municípios e ocupa área de 7.535,8 km<sup>2</sup>, sendo a segunda maior região metropolitana do Brasil. A população urbana envolvida é de aproximadamente 13,2 milhões de habitantes, o que corresponde a 78% da população total do estado.

## 7.2 MUNICÍPIOS E POPULAÇÃO INTEGRANTES A RH II – GUANDU

De acordo com o PERH Guandu (2018), a RH II drena áreas pertencentes a 15 municípios fluminenses (Mapa 1). Destes, seis estão totalmente inseridos na RH II (Eng. Paulo de Frontin, Itaguaí, Japeri, Paracambi, Queimados, Seropédica) e nove são abrangidos parcialmente pela região (Barra do Piraí, Mangaratiba, Mendes, Miguel Pereira, Nova Iguaçu, Piraí, Rio Claro, Rio de Janeiro e Vassouras) . Conforme estimativa, para o ano de 2016 a área de estudo abriga cerca de 1,94 milhões de habitantes, sendo que mais da metade desta população está localizada no município do Rio de Janeiro. Em relação a população residente no interior da RH II, o Comitê estima que 23,5% representa a população total dos municípios que estão contidos parcial ou totalmente nas bacias.

Mapa 1- Municípios contidos na RH II – Guandu



Fonte: Adaptado PERH Guandu, 2018.

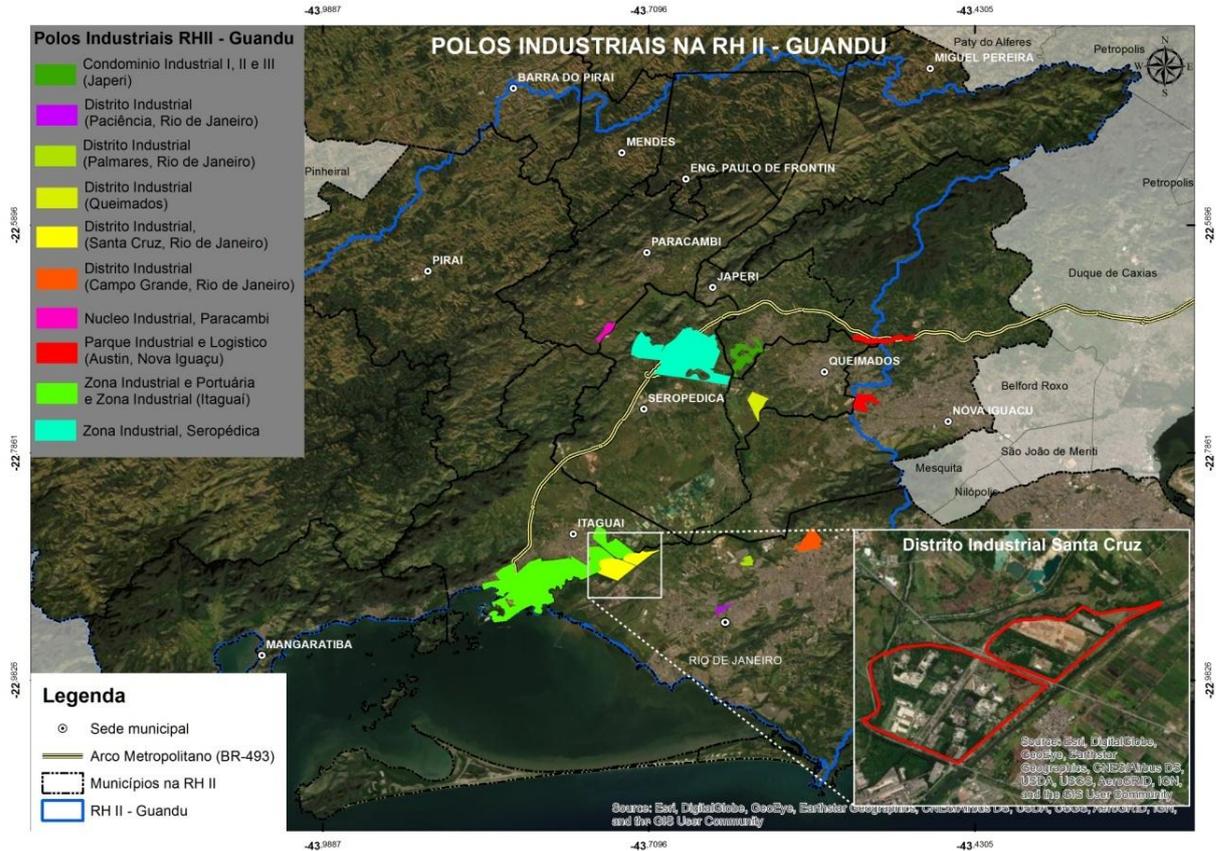
### 7.3 ASPECTOS ECONÔMICOS

Além da importância estratégica que a RH II apresenta em relação ao abastecimento público, essa região também possui uma grande relevância do ponto de vista econômico para o Estado do Rio de Janeiro, uma vez que abrange importantes polos indústrias que além de serem grandes geradores de empregos alavancam a economia do Estado.

Nessa região encontra-se localizado o maior distrito industrial do município do Rio de Janeiro e um dos maiores do Estado fluminense, o Distrito Industrial de Santa Cruz. Sob gestão da Companhia de Desenvolvimento Industrial do Estado do Rio de Janeiro (CODIN) esse distrito possui uma área total de 6.200.766,32 m<sup>2</sup>, desse total 4.181.567,33m<sup>2</sup> são destinadas ao setor industrial e atualmente cerca de 2.040.470,20 m<sup>2</sup> encontram-se área ocupadas com empresas operando. Segundo informações da Associação das Empresas do Distrito Industrial de Santa Cruz (AEDIN, 2022), a região possui 14 empresas gerando cerca de 18.000 empregos

diretos e indiretos e ao mesmo tempo arrecada mais de R\$200 milhões/ano para a cidade do RJ.

Mapa 2 - Pólos Industriais inseridos na RH II – Guandu



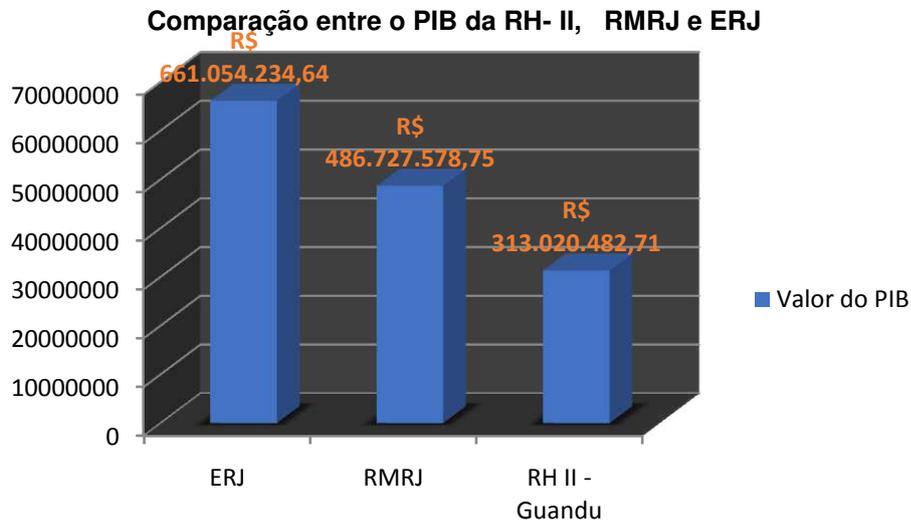
Fontes: o Autor, 2022.

Com base no mapa acima (Mapa 2) é possível observar que os pólos industriais contidos na RH II, estão localizados principalmente nas regiões com maior concentração populacional, a conjunção desses dois fatores representa um desafio para o gerenciamento dos recursos hídricos uma vez que a demanda por água nessa região é sempre elevada podendo ocorrer conflitos pelo uso desse recurso caso a oferta seja reduzida por qualquer motivo emergencial.

A predominância dessas empresas na RH II induz a essa região ter um dos maiores indicadores macroeconômicos a nível estadual, segundo dados de levantamentos realizados pelo IBGE e Fundação CEPERJ (2019), a Região Hidrográfica do Guandu possui um PIB equivalente R\$ 313.020.482,71 que corresponde a 64,31% da produção da Região Metropolitana do RJ (R\$ 486.727.578,753) já em comparação ao Estado do RJ, cujo PIB equivale a R\$

661.054.234,644, a RH II concentra o correspondente a 47,35% desse total (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Comparação entre o PIB da RH II, RMRJ e ERJ



**Fonte:** IBGE/CEPERJ, 2019.

O Rio de Janeiro é o município mais representativo em relação a produção industrial, em 2019, considerando os dados do IBGE e Fundação CEPERJ, esse setor foi responsável por gerar receitas na ordem de R\$35.553.137,06 seguido dos municípios de Nova Iguaçu e Piraí que juntos produziram R\$ 2.719.243,57.

#### 7.4 O GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA RH II

Destaca-se também a essa região algumas particularidades que tornam o gerenciamento dos recursos hídricos bastante complexos, a começar pela transposição dos Rios Piraí e Paraíba do Sul. Decorrente dessas transposições, embora o Rio Guandu seja oficialmente um rio de domínio do Estado do Rio de Janeiro, grande parte das suas águas são na verdade oriundas de rios de domínio federal, e por isso sua disponibilidade quantitativa e qualitativa são, em grande parte, afetadas por decisões de gestão da Agência Nacional de Águas, responsável por gerenciar os corpos d'água de domínio da União e dos órgãos gestores de energia elétrica, Agência Nacional de Energia Elétrica e Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS (PERH GUANDU, 2018).

## 7.5 A RH II E OS USOS MÚLTIPLOS DOS RECURSOS HÍDRICOS

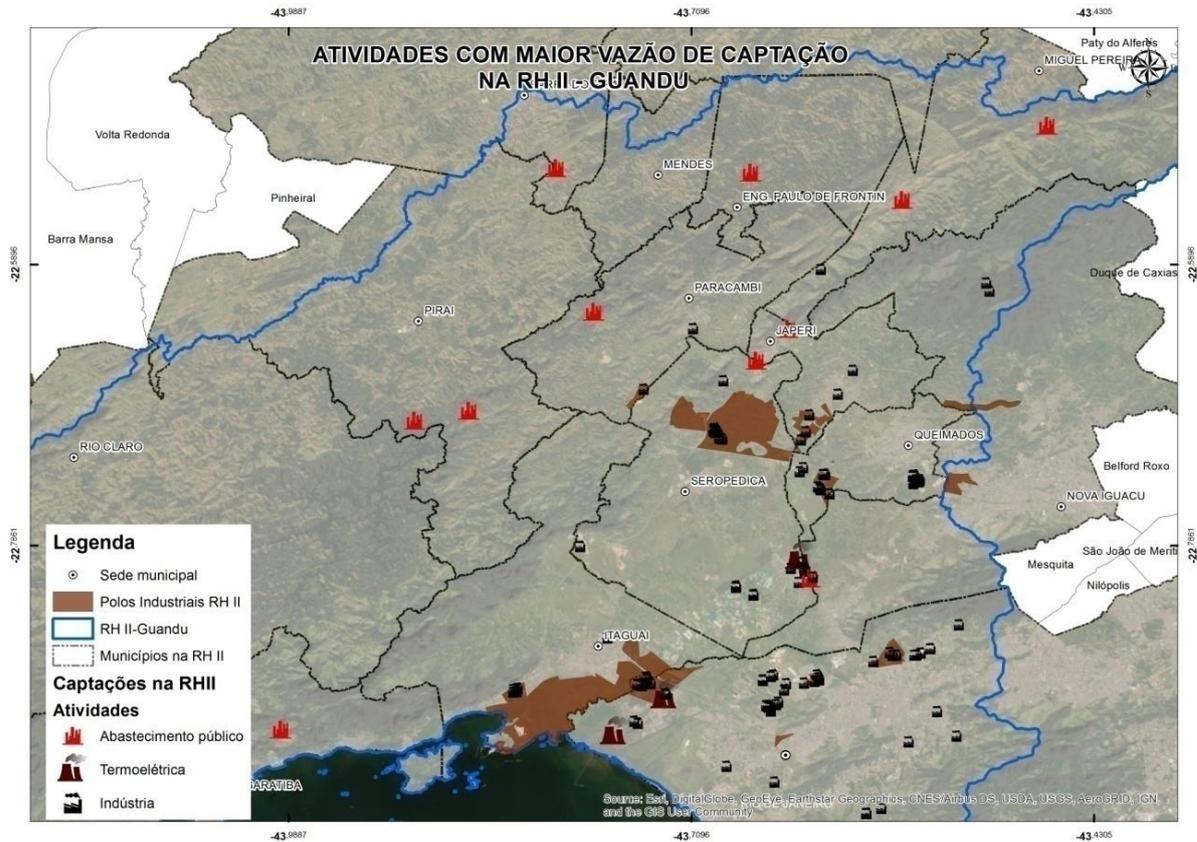
Outra questão inerente a RH Guandu, que torna a gestão dos recursos hídricos bastante desafiadora e complexa, está relacionada à grande demanda pelo uso da água nessa região que é potencializada principalmente pela sobreposição com uma importante parcela da RMRJ. Essa conjuntura de fatores contribui para o crescimento do número de usuários de recursos hídricos e ao mesmo tempo favorece a diversidade dos usos múltiplos na RH II.

De acordo com dados do Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNARH), referente ao ano 06/2022, fornecidos pelo Serviço de Regulação de Recursos Hídricos (SERVREG), setor esse que compõe parte da Diretoria de Segurança Hídrica e Qualidade Ambiental (DIRSEQ) do INEA, a RH II concentra atualmente um total de 396 pontos de interferência (captações) oriundos de captação de água superficial e subterrânea. Vale destacar que foram consideradas as outorgas com status definidos como: “Operação”, “Construção ou “Projeto”. A partir dessa classificação as outorgas cuja situação estavam definidas como “Indeferido” ou “Inválido foram desprezadas.

Com base nas análises foi possível constatar que o volume anual da RH II, considerando todos os usos, corresponde a um total de 2.788 bi m<sup>3</sup>/ano, sendo o abastecimento público o setor com maior demanda por água cuja vazão anual equivale a 1.97 bi m<sup>3</sup>/ano, ou seja, representa 70,83% de toda água captada na região.

Em relação ao total de pontos de captação existentes na RH II (396 pontos), 85,6% (339 pontos) são predominantemente de captação subterrânea, entretanto, embora a extração de água de poços seja majoritária na região, a vazão anual é pouco expressiva correspondendo a menos de 1% (7.35 mi m<sup>3</sup>/ano) do total captado. Quanto à captação superficial os 57 pontos de interferência que correspondem a apenas 14,39% do total são responsáveis por uma vazão anual de 2.78 bi m<sup>3</sup>/ano (Mapa 3).

Mapa 3 – Atividades com maior vazão de captação na RH II

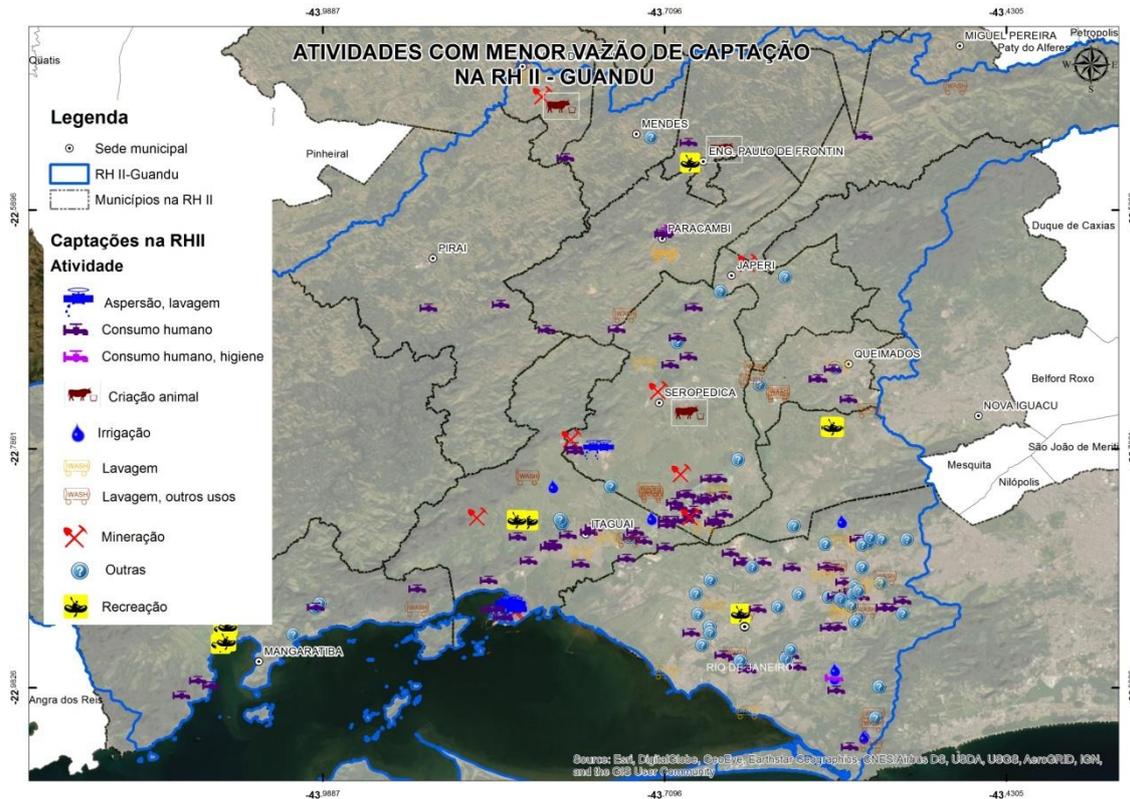


Fonte: CNARH,2022.

Para fins de uma análise mais detalhada alguns pontos de captação, cuja finalidade estava definida como “Outras” no CNARH, foram reclassificados como:

- Aspersão, Lavagem (dependências, veículos, peças, etc);
- Consumo humano e higiene
- Irrigação
- Lavagem (dependências, veículos, peças, etc)
- Lavagem (dependências, veículos, peças, etc), outros usos (higiene, irrigação, recreação, aspersão)
- Recreação

Mapa 4 – Atividades com menor vazão de captação na RH II



Fonte: CNARH,2022.

De acordo com a tabela abaixo (Tabela 6) é possível observar quais os tipos de usos que predominam na RH II e quais são os que apresentam maior consumo de água. Constata-se através dos dados que o abastecimento público é o tipo de uso com maior predominância na região, compreendendo 12 pontos de interferência o volume anual corresponde a 1.97 bi de m<sup>3</sup>/ano. Em seguida está o uso industrial cujo volume equivale a 616.1 mi de m<sup>3</sup>/ano e apresenta um total de 121 pontos de interferência, o que evidencia a vocação em potencial da região para a atividade industrial.

Tabela 3 – Uso de recursos hídricos na RH II e vazão total de captação

<b>USOS</b>	<b>Vol. Anual (m<sup>3</sup>/h)</b>
<b>Abastecimento público</b>	1,97 bi
<b>Indústria</b>	616,10 mi
<b>Termoelétrica</b>	191,0 mi
<b>Outras</b>	2,17 mi
<b>Consumo humano</b>	2,17 mi
<b>Aspersão, lavagem (dependências, veículos, peças, etc)</b>	712,81 mil
<b>Mineração</b>	317,90 mil
<b>Irrigação</b>	251,59 mil
<b>Lavagem, outros usos</b>	224,01 mil
<b>Recreação</b>	201,24 mil
<b>Lavagem</b>	72,69 mil
<b>Consumo humano, higiene</b>	24,69 mil
<b>Criação animal</b>	10,70 mil

Fonte: CNARH, 2022

## 8 METODOLOGIA

Visando alcançar os resultados esperados o método de pesquisas foi dividido em 4 etapas distintas, a primeira etapa (Etapa 1) consistiu na triagem dos dados que constam no Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos o qual foi solicitado junto ao INEA e fornecido em forma de planilha. A solicitação desse cadastro teve como objetivo a seleção das atividades industriais que realizam captação superficial na RH II, em que a vazão outorgada fosse superior a 1,44 m<sup>3</sup>/h, pois essa vazão resenta um uso mais expressivo de água não sendo classificado como uso insignificante conforme entendimento da Lei 4.247/2003.

A análise teve como priorização as captações superficiais, pois essas representam 99,5 % de toda água captada (superficial e subterrânea) pelo setor industrial na RH II, a qual corresponde a uma vazão anual de 616,10 mi m<sup>3</sup>/ano.

A segunda etapa da pesquisa consistiria na aplicação de um questionário com 20 perguntas (em anexo), entretanto não foi possível realizar, pois nenhuma empresa retornou o contato após as tentativas de comunicação realizadas por email, telefone e/ou contato pelo próprio site da empresa, destaca-se que esta etapa foi

realizada em plena pandemia da Sars-Covid 2 (COVID-19). As perguntas foram estruturadas contemplando os seguintes temas:

1. Perguntas relacionadas ao consumo de água na empresa;
2. Perguntas relacionadas eventos de escassez hídrica ocorridas na região;
3. Perguntas relacionadas à gestão de recursos hídricos na empresa.

Devido à falta de adesão na resposta ao questionário aplicado às empresas, a segunda etapa (Etapa 2) foi reestruturada e o método adotado consistiu em uma análise documental do histórico de todos os procedimentos administrativos (Licenças ambientais, autorizações ambientais, entre outros) das empresas analisadas emitidos pelo INEA. Para isso foram consultados 3 sistemas on line da instituição utilizados para tramitação de processos a saber:

- Sistema INEA -LEBRE
- Processo Digital (PAD)
- Sistema Eletrônico de Informações (SEI-RJ)

Esse levantamento teve como objetivo identificar se nas licenças emitidas pelo INEA as empresas elencadas adotavam tecnologias com o objetivo de melhorar a eficiência hídrica e ao mesmo tempo reduzir o volume de água captado dos corpos hídricos.

A terceira etapa (Etapa 3) consistiu em uma consulta ao site das empresas elencadas, com a finalidade de analisar se as ações implementadas pelas indústria, com foco na sustentabilidade dos recursos hídricos, são divulgadas ao público externo. O cruzamento de informações entre as etapas 2 e 3 permite identificar se as informações divulgadas são meramente especulativas ou se de fato as indústrias implementam ações concretas para garantir eficiência hídrica.

E por fim, a quarta etapa (Etapa 4), que teve como método de análise o mesmo adotado para a etapa 2, consistiu no levantamento de informações visando identificar se as empresas analisadas foram impactadas pelos efeitos da escassez hídrica que atingiu a região no período de 2014 a 2015 e quais os métodos adotados para mitigar os efeitos dessa crise.

## 9 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através da primeira etapa da pesquisa que consistiu na triagem dos dados cadastrados no CNARH, foi possível identificar um total de oito indústrias que podem ser caracterizadas como hidroativas (Tabela 7). Dessas 8 (oito) indústrias, três (IND2, IND3 e IND7) encontram-se fora dos limites da RH II Guandu, entretanto todas captam água no Rio Guandu. Outra informação importante a ser considerada se refere ao volume de água captada por essas indústrias, ou seja, do total de 121 pontos de captação outorgados para suprir a atividade industrial, a captação dessas 8 (oito) indústrias corresponde a 99,51% de todo volume anual utilizado por esse setor.

Tabela 4 – Indústrias hidroativas analisadas na RH II Guandu

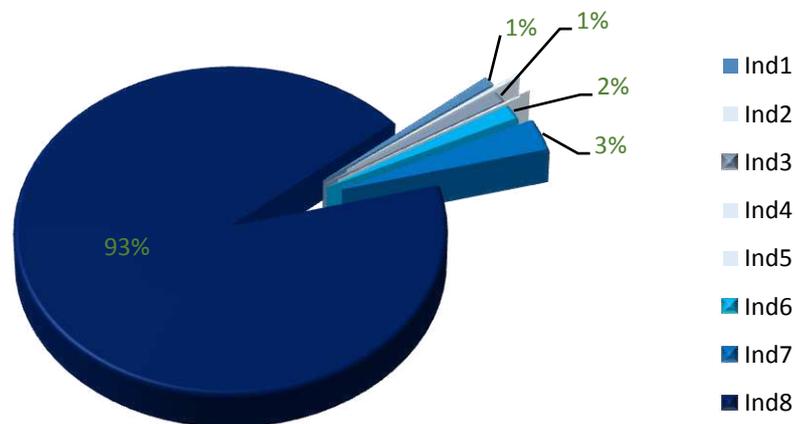
Nome da empresa	Atividade desenvolvida	Nº de captações superficiais	Volume anual de água captada / CNARH (m³)
<b>IND1</b>	Produção de bebidas em geral	1	5.510.040
<b>IND2</b>	Fabricação de resina e borracha sintética	1	2.277.600
<b>IND3</b>	Indústria petroquímica	1	6.499.920
<b>IND4</b>	Indústria têxtil	1	94.608
<b>IND5</b>	Produção de catalisadores e aditivos	1	1.016.160
<b>IND6</b>	Siderúrgica	1	8.760.000
<b>IND7</b>	Refinaria e processamento de gás	1	1.927.2000

<b>IND8</b>	Siderúrgica	3	569.684.640
-------------	-------------	---	-------------

Fonte: CNARH, 2022.

Dentre as empresas analisadas a IND8 é a que apresenta o maior volume de captação anual, equivalente a 569.684.640 m<sup>3</sup>/ano, o que corresponde a 93% de água captada em relação às outras indústrias (Gráfico 2).

Gráfico 2 – Percentual de consumo de água entre as 8 indústrias.



Fonte: Dados CNARH, 2022.

Através das análises que compreendem as etapas 2,3 e 4 foi possível alcançar os seguintes resultados para cada empresa elencada na etapa 1.

### IND1

Essa unidade industrial é parte integrante de uma companhia nacional de bebidas, está localizada no município do Rio de Janeiro e tem como principal curso d'água para captação o Rio Guandu. O sistema de captação acontece por meio de uma adutora de 13 km que funciona desde 1996, ano de inauguração da fábrica. A água captada tem como finalidade uso industrial e consumo humano.

### **Tecnologias com eficiência hídrica implementadas (Etapa 2)**

Um total de 45 procedimentos administrativos foi analisado, desses, em apenas dois, referente ao ano de 2018, com base em documentos protocolados pela empresa, foi possível identificar que medidas significativas para redução no consumo de água vêm sendo implementadas, a saber:

- Recirculação de água com volume diário de 3.300m<sup>3</sup>/d e percentual de aproveitamento de 40 %, a origem da água recirculada são oriundas dos seguintes processos:
  - Reaproveitamento de água dos pasteurizados – 1.200 m<sup>3</sup>/dia
  - Reaproveitamento de água na retrolavagem de filtros – 1.500m<sup>3</sup>/dia
  - Reaproveitamento de água de rinsers das latas e PET- 600m<sup>3</sup>/dia
- Sistema de Reuso de Efluentes, oriundos de ETE, com volume de 20m<sup>3</sup>/dia e percentual de aproveitamento de 5,7%. O sistema de tratamento apresenta nível secundário de eficiência.
- Reuso do efluente industrial tratado da estação de tratamento de despejos industriais (ETDI) na fertirrigação de culturas que compõe o sistema florestal (SAF), a uma vazão de 100 m<sup>3</sup>/hora, por um período de 16 a 18 horas por dia, em área de 25 hectares

### **Divulgação no site das empresas sobre ações de sustentabilidade na gestão dos recursos hídricos (Etapa 3)**

A companhia responsável pela IND1 mantém projetos bem consolidados com essa temática, de acordo com informações obtidas no site há mais de 20 anos a empresa trabalha para diminuir o índice de consumo de água nas unidades de bebidas e unidades fabris, onde a visão de sustentabilidade prioriza uma gestão pautada pela redução no consumo, preservação de bacias hidrográficas e acesso à água potável. Com investimento em inovação, tecnologia, escuta ativa e compartilhamento de melhorias operacionais, equipamentos mais tecnológicos de reuso, foi possível alcançar uma redução de 55% o consumo de água nas plantas industriais nos últimos 18 anos. A companhia também desenvolve uma importante

iniciativa que colabora na recuperação e preservação de importantes bacias hidrográficas do país, dentre elas a Bacia do Guandu na região de Rio Claro iniciado em 2016.

#### **Adoção de medidas para mitigar os efeitos da crise hídrica em 2014/2015. (Etapa 4)**

Não foram encontradas informações que possam sugerir que a IND1 tenha sido prejudicada pela crise hídrica nesse período, ou que tenha implementado procedimentos para garantir a segurança hídrica da empresa nesse período

#### **IND2**

Localizada no município de Duque de Caxias, a planta industrial atuante na fabricação de resina e borracha sintética, já existe nesta região desde 1962 e foi assumida pela IND2 em 2008. O principal corpo hídrico responsável por abastecer a unidade é Rio Guandu, com finalidade para atender o uso industrial. Ressalta-se que a empresa possui também Outorga para captação de água no Rio Saracuruna, entretanto o mesmo encontra-se na RH V – Baía de Guanabara, sendo utilizado para outros fins.

#### **Tecnologias com eficiência hídrica implementadas (Etapa 2)**

Um total de 18 procedimentos administrativos foi analisado, desses, em apenas 1, referente ao ano de 2000, mas com análises recentes realizadas em 2020 pelo INEA, foi possível identificar que, mesmo não sendo tão expressivas, a empresa adota medidas para redução no consumo de água, a saber:

- Bombeamento de 36m<sup>3</sup> de efluentes tratado, oriundos do decantado primário da Estação de Tratamento de Rejeitos Industriais (ETRI), para a torre de resfriamento, que em seguida é encaminhada para os tanques de aeração, onde começa o tratamento secundário.

#### **Divulgação no site das empresas sobre ações de sustentabilidade na gestão dos recursos hídricos (Etapa 3)**

Com base em informações contidas no site a companhia multinacional investe amplamente em responsabilidade ambiental. Em todos os locais de produção

trabalham continuamente para melhorar seu desempenho na proteção ambiental, desde o consumo de água até as águas residuais e descarte de resíduos, emissões de gases de efeito estufa e hidrocarbonetos voláteis. Ainda com base nas informações do site, na planta industrial da IND2 é utilizada água natural da chuva na produção de Borracha Emulsão Estirol-Butadieno (E-SBR), em seguida o efluente é tratado e reutilizado.

#### **Adoção de medidas para mitigar os efeitos da crise hídrica em 2014/2015. (Etapa 4)**

Não foram encontradas nenhuma informação que possam sugerir que a IND2 tenha sido prejudicada pela crise hídrica nesse período, ou que tenha implementado procedimentos para garantir a segurança hídrica da empresa nesse período.

#### **IND3**

A IND3 é pertencente a uma empresa brasileira com atuação global atuando no setor químico e petroquímico. Localizada no município de Duque de Caxias, a planta industrial está em operação desde 2005 e atua na área da indústria petroquímica, tendo como principal corpo hídrico responsável por abastecer a unidade, o Rio Guandu, com finalidade de atender ao uso industrial.

#### **Tecnologias com eficiência hídrica implementadas (Etapa 2)**

Um total de 43 procedimentos administrativos foi analisado, desses, em apenas dois, referente ao ano de 2017 e 2018, foi possível identificar iniciativas nas unidades produtivas que resultassem na redução do consumo de água e na geração de efluentes, a saber:

- **Adequação em uma unidade de purificação da carga de propano.**  
Em uma das adequações, o projeto prevê o reuso do efluente gerado na etapa de lavagem da corrente de oxigenados, reduzindo o consumo de água tratada em até 3,5 t/h (3,5 m<sup>3</sup>/h) que otimizará o aproveitamento hídrico da planta e diminuirá o volume de efluentes enviado para tratamento.
- **Substituição da unidade de resinas de troca iônica por uma unidade de Produção de Água Desmineralizada por Osmose Reversa para tratamento de água com capacidade de 180m<sup>3</sup>/h.**

Este projeto prevê o reuso do efluente gerado nas purgas oriundas do processo de osmose como água de *makeup* na torre de resfriamento, não havendo previsão de acréscimo na vazão da água já outorgada. Esse projeto prevê uma redução na geração de efluentes de 200.000 m<sup>3</sup>/ano (projeto antigo), para algo em torno de 15.000 m<sup>3</sup>/ano

### **Divulgação no site das empresas sobre ações de sustentabilidade na gestão dos recursos hídricos (Etapa 3)**

De acordo com informações obtidas no site, a empresa, com foco na ecoeficiência operacional, busca como objetivo na gestão dos recursos hídricos:

- Redução no consumo de água das operações;
- Aumento das taxas de reuso de água;
- Garantir a segurança hídrica em todas as operações.

Desde 2002 a empresa investe em diversas iniciativas para economia e reuso de água que somadas chegam a R\$ 280 milhões em projetos que melhoraram a eficiência hídrica da empresa e a tornaram uma das indústrias químicas que menos consome água no mundo, de acordo com dados do International Council of Chemical Associations (ICCA). A empresa também estabelece planos de ação que são incorporados aos planos de segurança hídrica de cada unidade industrial situadas em bacias com alto estresse hídrico.

### **Adoção de medidas para mitigar os efeitos da crise hídrica em 2014/2015. (Etapa 4)**

Não foram encontradas nenhuma informação que possam sugerir que a IND3 tenha sido prejudicada pela crise hídrica nesse período, ou que tenha implementado procedimentos para garantir a segurança hídrica da empresa nesse período.

### **IND4**

A IND4 é uma empresa nacional que atua no setor da indústria têxtil. Localizada no município de Queimados/RJ a planta industrial está em operação desde 1986 tendo como principal corpo hídrico um curso d'água sem denominação responsável por abastecer a unidade com finalidade de atender ao uso industrial. Além disso, a empresa obteve Outorga para extração de água de 15 poços.

### **Tecnologias com eficiência hídrica implementadas (Etapa 2)**

Um total de 7 procedimentos administrativos foi analisado, e em nenhum foi possível identificar se a IND4 implementou alguma iniciativa para redução no consumo de água.

### **Divulgação no site das empresas sobre ações de sustentabilidade na gestão dos recursos hídricos (Etapa 3)**

Em consulta ao site da empresa não foi possível identificar nenhuma Política Ambiental adotada para garantir a gestão eficiente dos recursos hídricos.

### **Adoção de medidas para mitigar os efeitos da crise hídrica em 2014/2015. (Etapa 4)**

Não foram encontradas nenhuma informação que possam sugerir que a IND4 tenha sido prejudicada pela crise hídrica nesse período, ou que tenha implementado procedimentos para garantir a segurança hídrica da empresa nesse período.

## **IND5**

Localizada no Distrito Industrial de Santa Cruz, município do Rio de Janeiro, a planta industrial teve sua inauguração 1989 e é controlada por duas empresas, sendo uma brasileira e uma americana. O principal corpo hídrico responsável por abastecer a unidade é Canal São Francisco com finalidade para atender o uso industrial.

### **Tecnologias com eficiência hídrica implementadas (Etapa 2)**

Um total de 17 procedimentos administrativos foram analisados, e destes, em apenas um, referente ao ano de 1991, mas com documentos protocolados pela empresa em 2008, foi possível identificar que medidas implementadas em 2005 possibilitaram a redução no consumo de água, a saber:

- A nova rota de tecnologia implantada no final de 2005 na produção de catalisadores vem reduzindo o consumo de água por cada tonelada de catalisador produzido conforme mostra a tabela abaixo (Tabela 8):

Tabela 5 – Desempenho ambiental da IND5 em 2008

Itens	2003	2004	2005	2006	2007
Consumo de água m <sup>3</sup> /ton de catalisador	33,9	30,2	32,9	27,9	27,5

Fonte: IND5, 2008.

### **Divulgação no site das empresas sobre ações de sustentabilidade na gestão dos recursos hídricos (Etapa 3)**

Embora a IND5 tenha apresentado uma evolução na redução do consumo de água no processo produtivo entre os anos de 2003 a 2007, o que indica que a empresa tem por objetivo melhorar sua eficiência hídrica os projetos ambientais contemplados pela empresa disponibilizados no site não apresentam nenhuma correlação com iniciativas voltadas para a gestão dos recursos hídricos no ambiente corporativo.

### **Adoção de medidas para mitigar os efeitos da crise hídrica em 2014/2015. (Etapa 4)**

Em 2015 a IND5 requereu junto ao INEA autorização para desassoreamento do material sedimentado no canal de captação da tomada d'água em decorrência do alto grau de assoreamento da referida tomada d'água, cuja vazão está sendo reduzida em função da diminuição do nível no canal de São Francisco, provavelmente por conta da crise hídrica ocorrida nesse período .

## **IND6**

Unidade pertencente a uma empresa brasileira com representação global, a IND6 pertencente ao setor da indústria siderúrgica está localizada no Distrito Industrial de Santa Cruz, município do Rio de Janeiro e opera nessa região desde 1972. O principal corpo hídrico responsável por abastecer a unidade é o Canal São Francisco e tem como finalidade atender o uso industrial.

### **Tecnologias com eficiência hídrica implementadas (Etapa 2)**

Um total de 20 procedimentos administrativos foi analisado, desses, em apenas dois, referente ao ano 2010 e 2018, foi possível identificar que medidas

bastante significativas vêm sendo implementadas pela empresa e que possibilitaram a redução no consumo de água, a saber:

- Construção de um novo Sistema para Tratamento e Recirculação de Água (STRA) para atender a implantação de uma nova linha de laminação. O projeto será capaz de tratar e recircular 4.900 m<sup>3</sup>/h conforme necessidade da unidade. Com a entrada do novo STRA, a IND6 irá aumentar ainda mais o seu índice de recirculação de água, que atualmente é de 97,2 %, sendo assim, não haverá lançamento de efluentes para o corpo receptor, visto que, serão utilizados equipamentos com a maior eficiência de tratamento e recirculação disponíveis no mercado. O projeto prevê também a recirculação de água das torres de resfriamento através de conjunto de bombas e controles químicos, necessários para manter a qualidade adequada da água para esta aplicação.
- Implantação de estação de tratamento de água desmineralizada por Osmose Reversa com capacidade de 133,3 m<sup>3</sup>/h. O rejeito do processo, com estimativa de geração de 33,3m<sup>3</sup>/h, será reutilizado integralmente no Pátio de Escória de aciaria para resfriamento e os efluentes da retro lavagem dos filtros multimídia e da limpeza química da membrana de osmose, que correspondem a 40m<sup>3</sup>/dia e 400m<sup>3</sup>/h respectivamente, serão direcionados para tratamento na ETA;

### **Divulgação no site das empresas sobre ações de sustentabilidade na gestão dos recursos hídricos (Etapa 3)**

A empresa tem instituída uma Política de Sustentabilidade onde um dos princípios é otimização do uso de recursos naturais e minimização de seu impacto no meio ambiente, dentre as práticas sustentáveis relacionadas aos recursos hídricos a empresa tem atuação na utilização de água em seu processo, maximizando seu reaproveitamento, descartando o mínimo de efluentes e dentro dos padrões.

De acordo com Relatório Anual de 2020 produzido pela empresa a gestão hídrica faz parte de sua estratégia, a qual investe continuamente em programas de recirculação de água eficiente. Atualmente a companhia reaproveita 97,7% da água

utilizada em suas unidades nos processos de produção. Destaca-se que a mais de 10 anos a empresa é referência na gestão eficiente dos recursos hídricos, segundo Relatório Anual publicado pela empresa em 2010, o índice de reaproveitamento das águas industriais nos processos industriais da Companhia já atingia 97,6%, uma das melhores performances ambientais do setor no mundo. Os demais 2,4% correspondem principalmente a perdas por evaporação.

#### **Adoção de medidas para mitigar os efeitos da crise hídrica em 2014/2015. (Etapa 4)**

Em 2015 a IND6 requereu junto ao INEA Licença para operação de unidade de osmose reversa com capacidade de 148 m<sup>3</sup>/h em caráter temporário de 6 meses. A alternativa selecionada visa eliminar os efeitos da baixa vazão e alta salinização do Rio São Francisco, ocorrido em virtude da crise de escassez hídrica de 2015, que poderia paralisar a produção.

#### **IND7**

A IND7, unidade localizada no município de Duque de Caxias, pertencente a uma companhia nacional com presença global. Atuante na indústria de refino de petróleo e processamento de gás a planta industrial opera nessa região desde 1961. O principal corpo hídrico responsável por abastecer a unidade é o Rio Guandu e tem por finalidade atender o uso industrial. Destaca-se, quanto a captação de água, a estrutura de adução construída para transportar a água até a refinaria que é realizada através de uma adutora com 49km com origem no município de Seropédica/RJ.

#### **Tecnologias com eficiência hídrica implementadas (Etapa 2)**

Um total de 100 procedimentos administrativos foi analisado, desse total, em 4 procedimentos, referentes aos anos de 2004, 2012, 2019 e 2021, foi possível identificar que medidas bastante significativas vêm sendo implementadas pela empresa nas unidades industriais que compõem a IND7 e que possibilitaram a redução no consumo de água, a saber:

- Visando um processo de modernização das estruturas da IND7 a empresa implantou uma unidade de Hidrodessulfurização e uma Unidade de Recuperação de H<sub>2</sub> com o objetivo de redução de teor de enxofre da gasolina produzida. Conforme especificações técnicas dos fabricantes essas unidades podem ser caracterizadas como tendo tecnologias limpas, ou que geram um mínimo de efluentes, emissões ou resíduos. A unidade de Hidrodessulfurização deverá gerar uma vazão de águas ácidas para tratamento da ordem de apenas 1,1 m<sup>3</sup>/h. esse efluente será tratado em Unidade de Águas Ácidas e 80% do efluente tratado será reusado na própria unidade e a reposição destes 20% será realizada através de make-up dentro do processo.
- Em requerimento para operação das unidades que constituem a PLANGAS (unidade de processamento de gás) foi identificado que o projeto contempla o reuso dos efluentes líquidos de água proveniente da nova Estação de Tratamento de Água (ETA). Os efluentes são gerados nas seguintes etapas da nova ETA:
  - **Etapas de Clarificação:** com geração contínua de efluente contaminado de **45 m<sup>3</sup>/h**, estes efluentes são encaminhados para tratamento na Estação de Tratamento de Lodo. A água recuperada é incorporada a corrente de água bruta a ser tratada na nova ETA;
  - **Sistema de desmineralização:** os efluentes contaminados nesta etapa com ácido e soda são encaminhados para tratamento no tanque de neutralização da desmineralização e depois são incorporados ao tanque de água industrial para reuso;
  - **Etapas de polimento:** os efluentes contaminados nesta etapa com ácido e soda são encaminhados para tratamento no tanque de neutralização da desmineralização e depois são incorporados ao tanque de água industrial para reuso;
  - **Etapas de Ultrafiltração (UF):** os efluentes gerados nessa etapa (**45 m<sup>3</sup>/h**) são recolhidos na nova caixa de neutralização da UF que depois é incorporada na corrente de água bruta a ser tratada na nova ETA;
  - **Lavador de gases:** o efluente contaminado gerado nessa etapa é drenado para neutralização sendo recirculado depois para tanques de armazenamento;

- **Drenagem de equipamentos:** Estes efluentes são encaminhados para os tanques de Lodo, de neutralização da Desmineralização ou Ultrafiltração, dependendo do sistema.
- **Sistema de Águas Pluviais:** as águas pluviais dos telhados que cobrem os sistemas e equipamentos da U-1326 são recolhidas e armazenadas no tanque de abastecimento da RACE (rede de água de combate a emergências) da IND7.

Todos os efluentes gerados nessa unidade enviados para tratamento nos tanques de neutralização têm sido destinados para reuso. Através desse projeto são recuperados (reusados) 114 m<sup>3</sup>/h dando uma redução de consumo de água bruta de 2.736 m<sup>3</sup>/dia.

- **Projeto de adequação de Unidade de Hidrotratamento U-2700 para produção de óleo diesel c/10ppm de enxofre.** A água utilizada nesse processo será submetida a uma unidade de tratamento de água ácida e posteriormente a água retificada será utilizada para lavagem e permitirá a reutilização de cerca de 9m<sup>3</sup>/h de água, contribuindo para a redução da demanda por água bruta e geração de efluentes, caracterizando uma iniciativa de reuso.
- Encontra-se em fase de instalação na IND7 um projeto destinado a implantação de instalações para reuso de água pelo sistema de Osmose Inversa, que visa o tratamento de afluentes final provenientes da Unidade de Tratamento de Efluente Oleoso (U-1943) e da Unidade de Tratamento de Efluente Contaminado (U-1571) com finalidade de reuso para as Torres de Refrigeração, para o Reservatório de Segurança, para o tanque de água clarificada assim como a distribuição para outros pontos das referidas unidades. Esse projeto tem como objetivo a redução de consumo da fonte hídrica (Rio Guandu e Rio Saracuruna) e terá capacidade para tratar 800 m<sup>3</sup>/h.

### **Divulgação no site das empresas sobre ações de sustentabilidade na gestão dos recursos hídricos (Etapa 3)**

De acordo com informações que constam no site da companhia responsável pela gestão da IND7, a temática sobre recursos hídricos e efluentes são de

relevância estratégica para a sustentabilidade dos negócios. A gestão de recursos hídricos tem como princípio básico a constante busca pela racionalização do uso da água. Buscando atender aos princípios da Instituição, prioriza-se sempre pela adoção de tecnologias pouco intensivas no uso da água, a minimização do seu uso nas operações e processos, o reuso e a identificação de fontes alternativas de suprimento, sempre considerando a disponibilidade hídrica local e viabilidade técnico-econômica das ações. Cerca de R\$ 30 milhões já foram investidos em projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) relativos ao gerenciamento de recursos hídricos e efluentes e em 2021 foi firmado um Compromisso de Sustentabilidade para redução de 50% da captação de água doce até 2030. Em 2018, o volume total de reuso foi de 84 milhões de m<sup>3</sup>, o que corresponde a 31,5% da demanda total de água doce da Companhia (Tabela 9). Esse volume reusado seria o suficiente para abastecer, por exemplo, uma cidade de, aproximadamente, 2 milhões de habitantes por um ano.

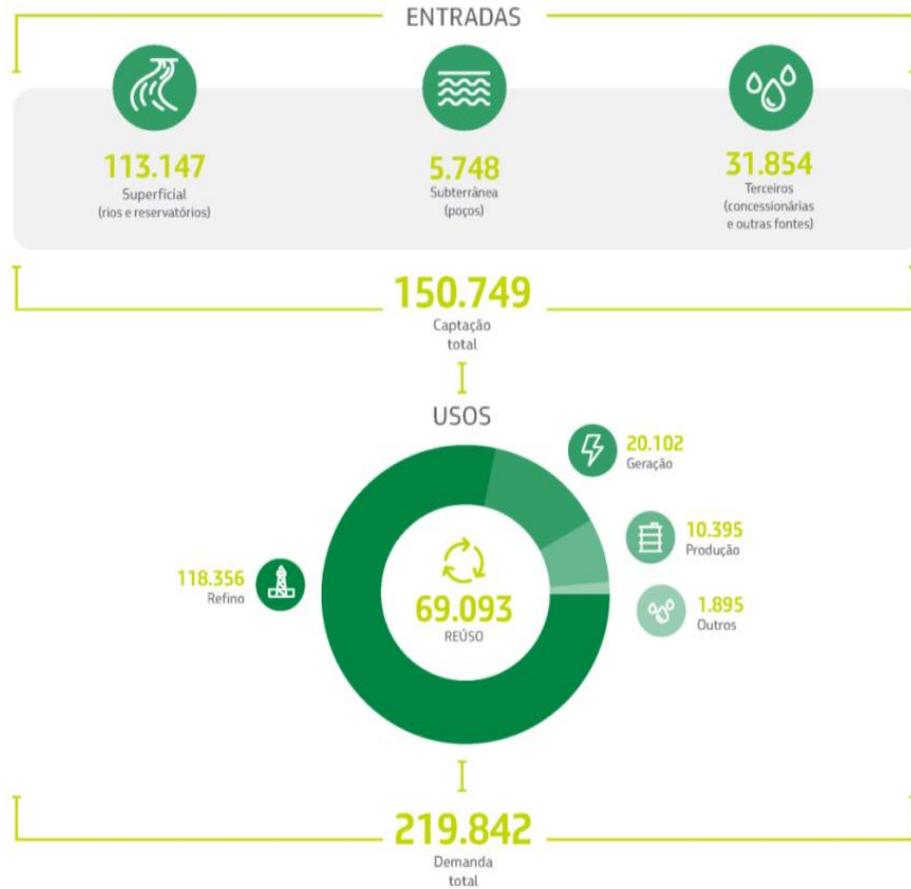
Tabela 6 – Evolução da companhia em relação ao reuso de água

	2015	2016	2017	2018
Água reusada (milhões de m <sup>3</sup> )	23,6	24,8	25,4	<b>84,0</b>
Reuso em relação à demanda total de água doce (%)	10	11,5	12,5	<b>31,5</b>

Fonte:IND7, 2018

Ao longo de 2021, foram captados 150.749 megalitros de água doce para as atividades operacionais e administrativas, 8% abaixo da meta (limite máximo) de 163.000 megalitros conforme demonstra o gráfico abaixo.

Figura 11 – Volume do consumo de água total e de reuso



Fonte: site da IND 7, 2021.

#### Adoção de medidas para mitigar os efeitos da crise hídrica em 2014/2015. (Etapa 4)

Não foram encontradas nenhuma informação que possam sugerir que a IND7 tenha sido prejudicada pela crise hídrica nesse período, ou que tenha implementado procedimentos para garantir a segurança hídrica da empresa nesse período.

#### IND8

A planta industrial localizada no Distrito Industrial de Santa Cruz, município do Rio de Janeiro já opera nessa região desde 2005, a IND8, unidade pertencente a maior produtora de aços da América Latina assumiu a operação dessa planta em 2017. Os principais corpos hídricos responsáveis por abastecer a unidade são o Rio Guandu e o Canal São Francisco e tem por finalidade atender o uso industrial, entretanto, a captação no Rio Guandu ocorre somente quando a salinidade do canal São Francisco apresenta concentrações impróprias para o uso na indústria.

### **Tecnologias com eficiência hídrica implementadas (Etapa 2)**

Um total de 77 procedimentos administrativos foi analisado, desse total, em apenas 1 procedimento, referente ao ano de 2021, foi possível identificar que medidas bastante significativas vêm sendo implementadas pela empresa na planta industrial que compõem a IND8 e que possibilitaram a redução no consumo de água, a saber:

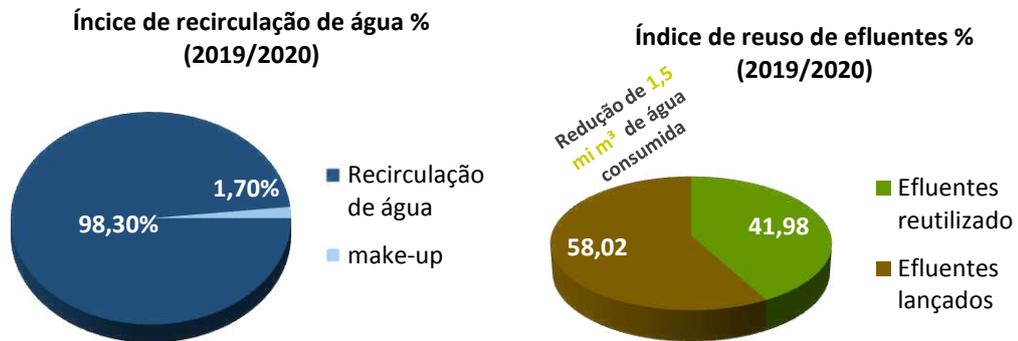
- A IND8 possui em sua concepção sistemas de recirculação e reaproveitamento de águas e efluentes, e é dotado de equipamentos com tecnologias avançadas que promovem esta dinâmica eficiente, além disto, a empresa apresenta um robusto Programa de Uso e Reuso de Águas e Efluentes descritos resumidamente a seguir:
  - **Projeto de Reuso do Efluente Tratado na ETE no Pátio de Matérias Primas e Coqueria:** esse projeto possibilitou a reutilização dos efluentes tratados na ETE nos processos de apagamento de coque e de umectação das pilhas de matérias primas, os quais eram abastecidos prioritariamente com água industrial. O projeto em tela foi concluído em janeiro de 2021 tendo sido projetado para reuso máximo de 100 m<sup>3</sup>/h.
  - **Projeto de Reuso de Efluente Tratado da ETE na Umectação de Via:** Este projeto constituiu-se na substituição da água bruta captada no Canal de Resfriamento da Termelétrica pelo efluente tratado na ETE Usina e foi realizado por meio da implantação de tubulações e sistema de bombeamento para promover o uso do efluente tratado na ETE. O projeto foi concluído em 2020 com vazão máxima projetada de 23 m<sup>3</sup>/h de reuso de efluentes tratados.
  - **Projeto Reuso da drenagem pluvial do Outlet 8 (canaleta de drenagem):** Esse projeto realiza a captação da referida canaleta de drenagem cuja águas pluviais são de origem da Coqueria e zonas perimetrais do Pátio de Matérias Primas com desague no Canal São

Francisco. As águas pluviais coletadas nesse sistema de drenagem são dirigidas para um tanque de captação e sedimentação que será interligado ao sistema das torres de apagamento da Coqueria. É previsto um alcance de coleta de 100% das águas pluviais deste outlet.

- **Projeto de Recirculação de Água das Plantas de Escória:** Com a implantação do projeto, após a utilização do efluente tratado da ETE Usina (utilizado Projeto de Reuso do Efluente Tratado na ETE no Pátio de Matérias Primas e Coqueria), este passou a ser recirculado em um circuito de forma fechada. Com isso, houve uma redução média de 20 m<sup>3</sup>/h no uso de água industrial que era utilizada para make-up do sistema, bem como uma redução de 10m<sup>3</sup>/h de água direcionada a caneleta de drenagem (outlet 11).
  
- **Projeto de Reaproveitamento de Água de Resfriamento do Pátio de Placas:** Esse projeto foi implementado com o objetivo de substituir a água industrial, utilizada para resfriamento das placas, por água de reuso (efluente tratado da ETE), além de promover o fechamento deste circuito de resfriamento. Ou seja, o reuso aplicado no sistema de resfriamento de placas passou a ser operado em sistema fechado, com a substituição da utilização de água industrial (IDW) em cerca de 300m<sup>3</sup>/h no processo de resfriamento das placas.

Além dos projetos referenciados acima que permitem a recirculação de água, os principais sistemas de resfriamento que compõe a planta industrial (7 sistemas), compostos de circuitos fechados e semifechados, permitem a recirculação de água.

Gráfico 3 – Índice de recirculação de água e índice de reuso de efluentes da IND8



Fonte: Relatório técnico da IND8, 2021 (adaptado pelo autor).

### Divulgação no site das empresas sobre ações de sustentabilidade na gestão dos recursos hídricos (Etapa 3)

De acordo com a Política Ambiental e de Energia a empresa tem como princípios:

- Promover a melhoria contínua do desempenho ambiental e energético, realizando os esforços necessários para alcançar os objetivos e metas estabelecidos;
- Utilizar de maneira eficiente a energia e os recursos naturais;
- Fomentar a utilização das melhores tecnologias e práticas, assim como o uso de energias renováveis, quando for viável.

A busca para alcançar o compromisso com a sustentabilidade permite a empresa recircular, em média, 97% da água utilizada nas operações pelos sistemas de resfriamento. Os 3% não aproveitados são transformados em vapor d'água e efluente tratado, dos quais é feito o reuso de cerca de 40%.

Em 2019, a empresa aderiu à Iniciativa Pacto Global da ONU e engajou em projetos colaborativos para promover os objetivos de desenvolvimento mais amplos das Nações Unidas, dentre eles o projeto Água Limpa e Saneamento pelo qual já foi possível alcançar mais de 1.800 m<sup>3</sup> de água reciclada internamente.

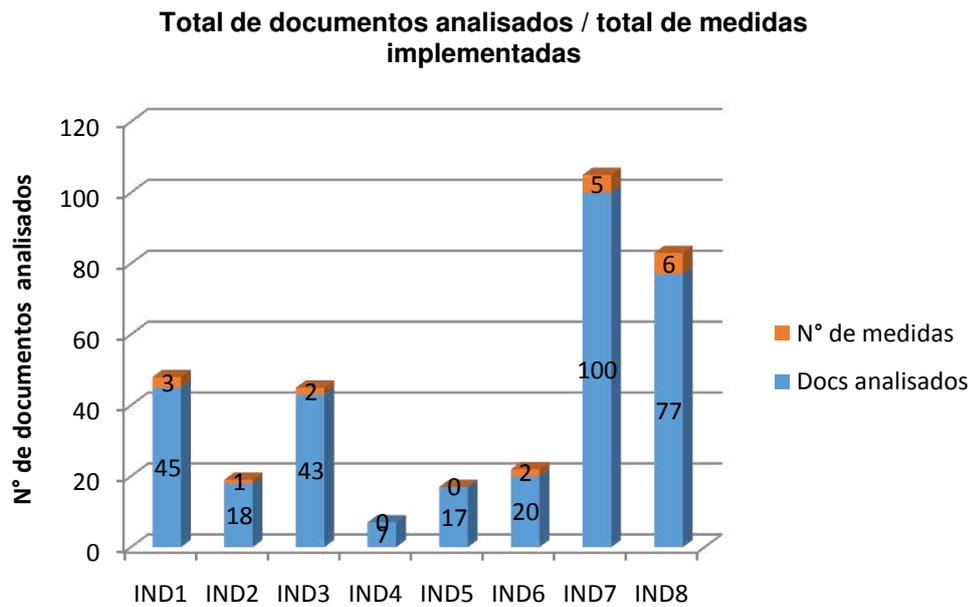
### Adoção de medidas para mitigar os efeitos da crise hídrica em 2014/2015. (Etapa 4)

Em consulta aos procedimentos administrativos referente aos anos de 2014 e 2015 foi possível identificar que a IND8 realizou algumas intervenções para não ter a atividade produtiva interrompida tais como:

- Realização de obras emergenciais que consistiu na implantação de uma nova estrutura de captação de água e construção de uma adutora ligando esta captação às lagoas de água bruta que atendem à demanda de água de sua Usina Siderúrgica. A justificativa desta obra é o agravamento da intrusão de língua salina no Canal São Francisco, devido à diminuição da vazão do referido Canal, decorrente da longa estiagem que vem ocorrendo, o que tem aumentado excessivamente a salinidade da água captada na atual tomada d'água da usina siderúrgica.
- Dragagem emergencial para desassorear a área de captação da IND8, localizada as margens do Canal de São Francisco. O volume a ser retirado está localizado na bacia utilizada para a captação das águas para fins industriais e abastecimento humano, estando com cerca de 1 metro de altura o assoreamento distribuído em todo o polígono da bacia, com aproximadamente 1.100 m<sup>3</sup>. Essa intervenção ocorre em decorrência da diminuição da vazão no Canal de São Francisco devido a operação dos reservatórios de Santa Cecília;
- Implantação e operação de uma unidade de osmose reversa A solicitação da empresa baseia-se na baixa vazão e maior salinização do Canal de São Francisco, devido ao agravo dos efeitos de intrusão da cunha salina proveniente da Baía de Sepetiba na foz do Canal de São Francisco, colocando em risco a continuidade das operações da IND8, em razão de impossibilidade de manter sua captação de água para uso industrial. Esta situação é devida à crise de escassez hídrica pela qual passa a bacia do Rio Paraíba do Sul, após a implantação de medidas preventivas para o enfrentamento, pela Agência Nacional de Águas (ANA), que busca preservar os estoques disponíveis de água no reservatório equivalente desta bacia, estabelecendo a vazão mínima de transposição para o Rio Guandu.

Através da compilação das informações obtidas de cada empresa para alcançar os resultados esperados no presente estudo, foi possível analisar um total de 327 procedimentos administrativos, desse total, 19 documentos apresentaram alguma informação referente a tecnologias implementadas pela empresa para redução do consumo de água (Gráfico 4).

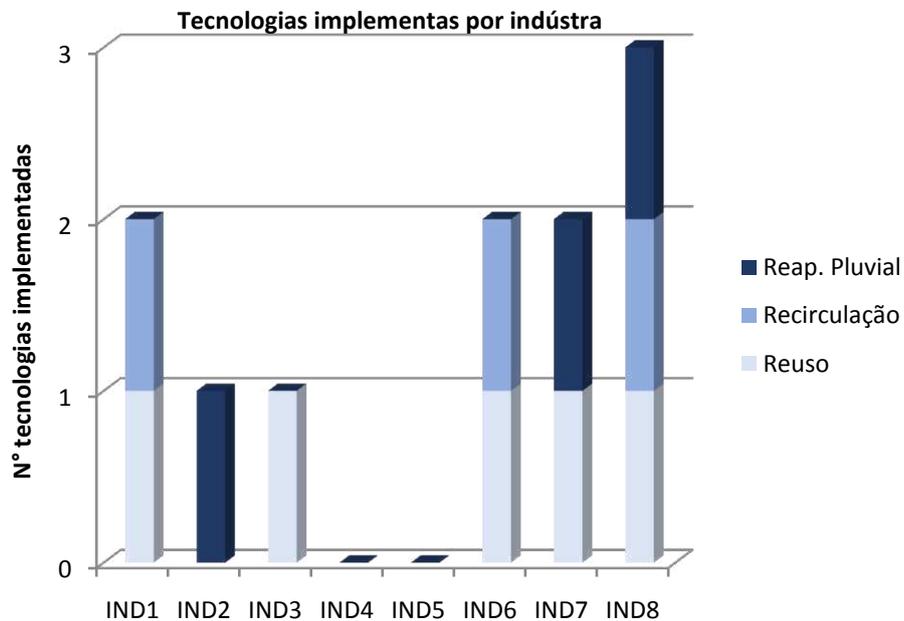
Gráfico 4 - documentos analisados e medidas implementadas.



Fonte: O autor, 2022

Ao menos a adoção de 1 (uma) tecnologia para redução de consumo de água foi registrada em 75% das indústrias analisadas (Gráfico 5).

Gráfico 5 - Tecnologias implementadas por indústria



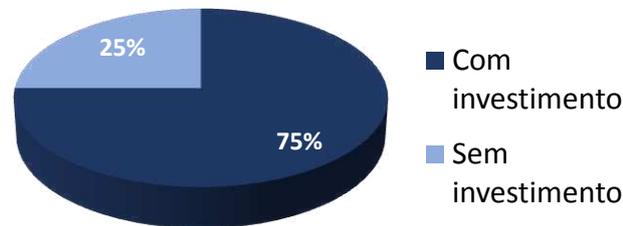
Fonte: O autor, 2022

Das 8 (oito) indústrias analisadas, 75% (IND1, IND2, IND3, IND6, IND7, IND8) investem em algum tipo de tecnologia para a redução do consumo de água e ao mesmo tempo contribuem para a redução de lançamento de efluentes nos corpos hídricos (Gráfico 6). Todos os investimentos realizados em cada planta industrial dessas empresas corroboram intrinsecamente com suas Políticas Ambientais adotadas por cada empresa conforme divulgada nos sites corporativos, a qual versa majoritariamente sobre a gestão eficiente dos recursos hídricos com foco na redução do consumo.

Destaca-se nesse contexto a IND1 que além investir gestão eficiente dos recursos hídricos desenvolve importantes iniciativas que consistem na recuperação e preservação das bacias hidrográfica onde suas unidades fabris estão operando.

Gráfico 6 – Indústrias com investimento em eficiência Hídrica (reuso/recirculação)

**Indústrias com investimento em  
eficiência hídrica (reuso/recirculação)**



**Fonte:** O autor, 2022

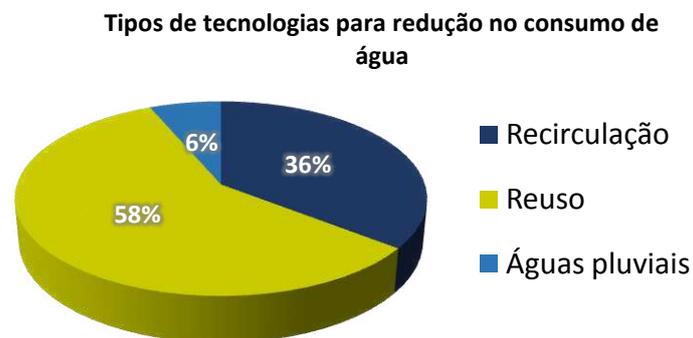
Dentre as indústrias analisadas que investiram em tecnologia de eficiência hídrica na corporação destaca-se:

- A IND8 que recircula 98,30% da água e reutiliza 41,98% dos efluentes tratados em toda planta, ressalta-se também que através nas iniciativas adotadas por essa indústria, foi averbado ao documento de outorga em 2020 a redução de vazão de captação de 2 pontos: Rio Guandu que alterou o volume diário de 57.600,00 m<sup>3</sup> para 48.000 m<sup>3</sup> / Canal São Francisco que alterou o volume diário de 57.600,00 m<sup>3</sup>/h para 48.000 m<sup>3</sup>/h .
- A IND6 que através da implantação de um Sistema para Tratamento e Recirculação de Água (STRA) foi capaz de recircular 4900m<sup>3</sup>/h de água aumentando o índice de circulação que é de 97,2%;
- A IND 3, onde através de um projeto de reuso obteve redução de 92,5% na geração de efluentes, ou seja reduziu de 200.000 m<sup>3</sup>/ano para 15.000 m<sup>3</sup>/ano;
- A IND1 que implementou um projeto de recirculação de água com volume diário de 3.300m<sup>3</sup>/d;
- A IND7, onde através do reuso proveniente da nova ETA permite a recuperação de 114m<sup>3</sup>/h reduzindo o consumo de água bruta em torno de 2.700m<sup>3</sup>/d.

Um total de 31 iniciativas para redução no consumo de água utilizadas pelas indústrias foram identificadas, desse total, 18 iniciativas correspondem a

investimentos no uso de tecnologia para reuso de efluentes, 11 estão associadas ao uso de tecnologias para recirculação de água e apenas 2 iniciativas refere-se a utilização de tecnologia para uso de águas pluviais. O reuso de efluentes consistiu predominantemente no método de reuso indireto, ou seja, quando ele é submetido a um tratamento adequado para a obtenção da qualidade necessária aos usos pré estabelecidos.

Gráfico 7 – Tipos de tecnologias para redução no consumo de água



**Fonte:** O autor, 2022

Em relação ao período de escassez hídrica que atingiu a região em 2014/2015 foi possível constatar que, com base no levantamento de procedimentos administrativos, 37% das empresas analisadas (IND5, IND6, IND8) adotaram alguma medida emergencial para que a unidade produtiva não fosse comprometida. Todas as 3 indústrias impactadas realizam captação de água no Canal São Francisco, curso d'água esse que deságua na Baía de Sepetiba e que foi fortemente impactado pela intrusão salina devido a redução de vazão nesse período. Também é importante lembrar que nesse mesmo período foi construído pela Associação das Empresas do Distrito Industrial de Santa Cruz (Aedin) na foz do canal São Francisco uma soleira submersa a qual foi objeto de licenciamento pelo INEA, essa obra emergencial teve como objetivo conter a intrusão salina a qual é prejudicial as atividades industriais, no entanto essa estrutura além de ter prejudicado a atividade econômica dos pescadores locais também pode ter contribuído para os problemas de assoreamento que afetaram o Canal São Francisco.

Ressalta-se que, esse método de consulta não é consistente para determinar se as demais indústrias enfrentaram algum problema operacional durante esse período de escassez, o que de fato seria comprovado através de entrevistas ou de uma análise no histórico de lançamento de efluentes disponibilizado pelo PROCON - Água (Programa de Autocontrole de Efluentes Líquidos).

Gráfico 8 - Indústrias que adotaram medidas para mitigar os efeitos da crise hídrica (2014/2015)



**Fonte:** O autor, 2022

A Região Hidrográfica Guandu, cuja gestão dos recursos hídricos é realizada pelo Comitê Guandu criado em 2002 pelo Decreto Estadual nº 31.178/2002 teve seu primeiro Plano Estratégico de Recursos Hídricos instituído em 2006, sendo o mais atual concluído em 2018. Ressalta-se que o Plano de Recursos Hídricos é um dos instrumentos previsto na Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/97) o qual pode ser genericamente definido como um documento responsável pelo planejamento estratégico da gestão dos recursos hídricos e que deverá ser um norteador para a tomada de decisão pelos órgãos ambientais ou demais entes.

O PERH-Guandu 2018 é composto por 8 agendas e respectivas subagendas, dentre elas está a subagenda 6.1 que é específica ao setor industrial e tem como objetivo principal Incentivar o uso de práticas e tecnologias para melhorar a eficiência no uso da água no setor industrial, assim como aumentar o conhecimento sobre as cargas poluidoras geradas propondo alternativas de redução de geração por este setor na RH II.

De acordo com o documento, os programas elaborados que são componentes dessa subagenda são:

- Programa de Eficiência Hídrica na Indústria;
- Redução de cargas poluidoras no setor industrial.

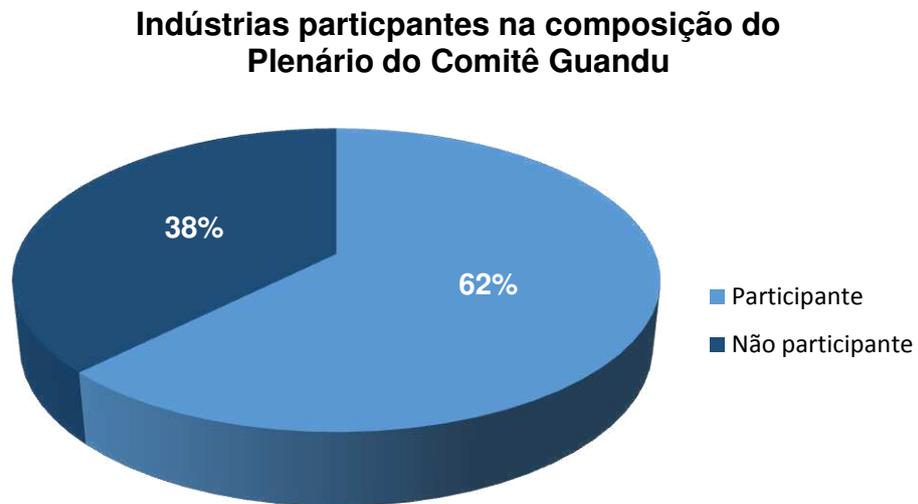
Embora PERH-Guandu 2018 já tenha sido elaborado e seja atualmente um documento consolidado e fundamental para nortear a gestão dos recursos hídricos na RH II, não foi comprovado através das análises documentais que o mesmo venha sendo utilizado, uma vez que não houve nenhuma menção ao referido plano ao longo dos estudos analisados.

Outro fato relevante a ser discutido é que o Comitê Guandu é constituído por 5 instâncias, a saber:

- Plenário
- Diretoria Colegiada
- Câmaras Técnicas
- Grupos de Trabalho
- Secretaria Executiva

O Plenário, órgão máximo de deliberação, é composto por 36 membros, dentre eles usuários de água da área de atuação do Comitê. De acordo com informações disponíveis no portal do Comitê Guandu, foi constatado que 62% das indústrias analisadas compõe essa instância, sendo 4 representadas como titular (IND1, IND5, IND6, IND7) e uma como suplente (IND8).

Gráfico 9 – Indústrias participantes na composição do Plenário do Comitê Guandu



**Fonte:** Comitê Guandu, 2022.

Com base nessa constatação, presume-se que esse fator é preponderante para que haja um maior engajamento das indústrias analisadas em investimento para redução do consumo de água na RH II, essa informação é corroborada pelas recomendações para os setores usuários definidas no PERH-Guandu 2018 onde para os usuários do setor industrial ficou definido:

- Comunicação entre os setores da indústria e do saneamento;
- Manutenção de vazão mínima para contenção do avanço da intrusão salina no Canal de São Francisco;
- Controle e monitoramento das cargas lançadas em corpos hídricos;
- Capacitação em técnicas de reuso da água.

As recomendações setoriais visam a manutenção e/ou melhoria da qualidade de água da região, seu consumo mais eficiente, e a conservação e preservação dos recursos hídricos.

Outra questão a ser discutida é que através das análises aos procedimentos administrativos foi possível inferir que nenhuma das ações realizadas pelas empresas para redução do consumo de água teve como norteadores a Lei Estadual 7.599/2017 e o Decreto Estadual nº 47.403/2020 uma vez que esses

documentos legais não foram mencionados nas condicionantes das etapas de licenciamento ou outro documento integrante do processo de licenciamento.

## **10 CONCLUSÃO**

O gerenciamento dos recursos hídricos dentro de uma unidade territorial que envolve uma multiplicidade de usos é de fato uma ação bastante complexa e que pode ser agravada quando a região enfrenta baixa disponibilidade hídrica não conseguindo suprir a demanda pelo uso da água aos diversos usuários que se beneficiam desse recurso. Nesse contexto as entidades governamentais assim como os usuários hidrintensivos localizados nessas regiões que utilizam esse recurso para obtenção de receita são os principais atores a investirem em ações visando o consumo sustentável dos recursos hídricos.

Através do presente estudo foi possível concluir que uma grande parcela das indústrias hidrintensivas situadas na RH II tem nos últimos anos investido amplamente em tecnologias para reduzir o consumo de água assim como em ações que beneficiam a preservação e restauração da Região Hidrográfica Guandu, conseqüentemente, a implementação dessas ações contribuem para uma melhora ambiental qualitativa e quantitativa dos corpos hídricos devido à redução no lançamento de efluentes e também aumentam a disponibilidade hídrica na região por conta da redução do volume de captação de água.

Além disso, considerando que a RH II foi impactada pelo período de escassez que atingiu a região em 2014 e 2015 prejudicando fortemente a produção industrial e ao mesmo tempo influenciando negativamente o crescimento econômico, essas ações podem ser consideradas de fundamental importância, pois garantem a segurança hídrica das empresas principalmente em períodos de redução da oferta hídrica e ao mesmo tempo reduz a possibilidade de conflitos entre os demais usuários da região.

Embora alguns estudos apontem para uma projeção de crescimento na demanda pelo consumo de água, não só no Brasil, mas a nível global (ANA, 2020; UN-WWA, 2019), sendo um dos responsáveis o setor industrial, na RH II o cenário

mostra-se ao contrário a essa tendência, uma vez que o presente estudo evidencia que esse setor tem investido em tecnologias que primam pela eficiência hídrica.

Entre as indústrias analisadas, 87% (IND1, IND2, IND3, IND5, IND6, IND7 e IND8) possuem representação global, seja por meio de instalações físicas ou através da comercialização dos produtos em outros países, sendo assim, além do ganho ambiental auferido por essas empresas, o investimento em políticas de sustentabilidade melhora a visibilidade da corporação no mercado interno e externo, possibilitando que novos investidores sejam atraídos contribuindo diretamente para o aumento dos rendimentos da empresa.

Grande parte das indústrias analisadas adota o reuso de efluentes como a tecnologia principal para reduzir o consumo de água, entretanto isso não significa que esse investimento é o mais acessível em relação a outros. Alguns setores industriais necessitam de água com elevado padrão de qualidade e o tratamento de efluentes para atingir ao padrão desejado poderia ser muito custoso para a empresa, o que inviabilizaria o projeto. Nesse sentido é importante que cada setor avalie criteriosamente qual a tecnologia a ser adotada e se ela é viável, economicamente e qualitativamente, para atender a demanda produtiva da empresa.

E por fim, foi observado que o Estado do Rio de Janeiro vem ao longo dos últimos anos implementando normativas que tem como objetivo incentivar o setor empresarial a adotar tecnologias de reuso de água, essas ações corroboram para que o Estado consiga gerenciar de forma mais eficiente os recursos hídricos, entretanto, as ações realizadas pelas indústrias não foram norteadas por essas normativas, mas por decisão interna das corporações, uma vez que em nenhuma das condicionantes analisadas nos procedimentos administrativos o INEA requisitava às empresas a cumprirem o exposto nesses documentos legais.

## 11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO DAS EMPRESAS DO DISTRITO INDUSTRIAL DE SANTA CRUZ. **Descrição da associação.** Disponível em: <<https://www.aedin.com.br/quemsomos/>> Acesso em: 12 de maio de 2022.

AMBROSIO L.L.; JOHNSON R.M.F. Impactos **da crise hídrica 2014/15 sobre os principais usuários da bacia do guandu.** *In:* XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 22, 2017, Florianópolis.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA. **Água na indústria:** uso e coeficientes técnicos. Brasília, 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA. **Atlas águas:** Segurança hídrica do abastecimento urbano. Brasília. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2020.** Brasília, 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil:** Crise hídrica. Brasília, 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil:** Regiões Hidrográficas Brasileiras. Edição Especial, Brasília, 2015

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA. **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil.** Brasília, 2019

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA. **Mudanças climáticas e recursos hídricos.** Disponível em: <https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/mudancas-climaticas-recursos-hidricos>. Acesso em: 16 maio 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA. **Usos Consuntivos da Água no Brasil (1931-2030),** 2021. Disponível em: < [encurtador.com.br/dmrzM](http://encurtador.com.br/dmrzM) >. Acesso em: 14 de nov. de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA. **Manual de gestão eficiente de recursos hídricos.** São Paulo. 2016.

BARBOSA, C. M de S.; MATTOS, A. **Conceitos e diretrizes para recarga artificial de aquíferos.** Águas Subterrâneas, [S.l.], 2008. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23657>> Acesso em: 25 abr. 2022.

BICUDO, D.E. de M. et al. **Recursos hídricos no Sudeste:** segurança, soluções impactos e risco. Revista USP n. 106. São Paulo. 2015.

BICUDO, D.E. de M. et al. **Carta de São Paulo Recursos hídricos no Sudeste:** segurança, soluções, impactos e riscos. Revista USP n. 106. São Paulo. 2015.

BRASIL. LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm).> Acesso em: 10 jan. 2022.

BRASIL. **Resolução CNRH 32/2003**. Institui a Divisão Hidrográfica Nacional, em regiões hidrográficas, nos termos dos Anexos I e II desta Resolução, com a finalidade de orientar, fundamentar e implementar o Plano Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: <<https://cnrh.mdr.gov.br/divisao-hidrografica-nacional>> Acesso em: 10 jan.2022.

BRASIL. **Resolução nº 153, de 17 de dezembro de 2013**. Estabelece critérios e diretrizes para implantação de Recarga Artificial de Aquíferos no território Brasileiro. Disponível em: <[encurtador.com.br/mzAFZ](http://encurtador.com.br/mzAFZ)> Acesso em: 10 ago.2022.

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010**: volume Brasil. Florianópolis.2012.

CIRILO, J.A. **Crise hídrica**: desafios e superação. Revista USP n. 106. São Paulo. 2015.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Distritos Industriais Administrados pela CODIN**. Disponível em: <[https://www.codin.rj.gov.br/\\_files/ugd/c74752\\_be51125a91954875ad82d87880cb19b7.pdf](https://www.codin.rj.gov.br/_files/ugd/c74752_be51125a91954875ad82d87880cb19b7.pdf)> Acesso em: 25 maio 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Ceres Aqua Gauge**: Um arcabouço para o gerenciamento corporativo de recursos hídricos no século 21. Brasília. 2015

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Gerência Executiva de Meio Ambiente e Sustentabilidade**. Água, indústria e sustentabilidade. Brasília. 2013

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Uso da água no setor industrial brasileiro**: Matriz de coeficientes técnicos. Brasília. 2013

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Eficiência no uso da água**: oportunidades para empresas e instituições financeiras. Rio de Janeiro, 2016.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Gerenciamento de riscos hídricos no Brasil e o setor empresarial**: desafios e oportunidades. Rio de Janeiro, 2015.

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Resolução CERHI-RJ Nº 107**. Aprova nova definição das Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro e revoga a Resolução CERHI-RJ Nº 18, de 08 de novembro de 2006.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Resolução Nº 32, de 15 de outubro de 2003**. Institui a Divisão Hidrográfica Nacional. Disponível em <<https://cnrh.mdr.gov.br/resolucoes/74-resolucao-n-32-de-15-de-outubro-de-2003/file>> Acesso em: 25 abr. 2022.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Conservação e reuso de água**: manual de orientações para o setor industrial.2004. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/conservacao-e-reuso-da-agua-2004/> Acesso em: 28 de abril de 2022.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Impactos da escassez de água na indústria.** Súmula Ambiental. Dezembro de 2014. Disponível em: <http://www.firjan.com.br/publicacoes/informativos/sumula-ambiental.htm>.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Manual de Conservação e Reuso de água na Indústria.** 2007. Disponível em: <<https://www2.cead.ufv.br/sgal/files/apoio/saibaMais/saibaMais4.pdf>> Acesso em: 27 de abril de 2021.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Manual de Conservação e Reuso de água na Indústria.** 2015. Disponível em: <<https://www.firjan.com.br/publicacoes/manuais-e-cartilhas/conservacao-e-reuso-de-agua-na-industria.htm#pubAlign>> Acesso em: 27 de abril de 2021.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Reuso de água: bons exemplos na indústria fluminense.** Súmula Ambiental. Março de 2015. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/publicacoes/informativos/sumula-ambiental.htm#pubAlign>

GALVÃO, J; BERMAN, C. **Crise hídrica e energia:** conflitos no uso múltiplo das águas. Estudos Avançados v.29 n.84, USP.2015.

HESPANHOL I. **Recarga artificial de aquífero.** Revista da Fundação de Apoio a Tecnologia, 2005. Disponível em: [http://biton.uspnet.usp.br/cirra/wp-content/uploads/2013/09/Recarga\\_FAT.pdf](http://biton.uspnet.usp.br/cirra/wp-content/uploads/2013/09/Recarga_FAT.pdf). . Acesso em: 25 abr. 2022.

HESPANHOL, I. et al. **Redução no Consumo de Água na Indústria:** Estudo de Caso da Kodak do Brasil. Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 6 n.4 Out/Dez 2001. São Paulo. 2001.

HESPANHOL I. **Potencial de reuso de água no Brasil:** agricultura, indústria, municípios, recarga de aquífero. Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 7 n.4 Out/Dez 2002. São Paulo. 2002.

HESPANHOL, I. **Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos.** Estudos Avançados v 22 n63, USP.2008.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE. **Outorga de direito de uso dos recursos hídricos.** Rio de Janeiro. 2010 Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/3-Outorga-de-uso-dos-recursos-h%C3%ADricos-365-Mb.pdf>. Acesso em: 10 de abril de 2022.

LUCAS, F. V. **Sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais em indústria de alimentos.** 2016. 148 fls. Projeto de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica)- Faculdade de Tecnologia Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

MANN, J.G., LIU, Y.A., **Industrial water reuse and wastewater minimization.** New York, McGraw-Hill, 1999 apud MIERZWA, J.C., HESPANHOL, I., Água na Indústria - Uso racional e reuso. São Paulo, Oficina de Textos, 2005.

MARENGO, J. et al. **A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo.** Revista USP, n. 106, p. 31-44, 2 set. 2015.

MIERZWA, J.C. **O uso racional e o reuso como ferramentas para o gerenciamento de águas e efluentes na indústria:** estudo de caso da Kodak

Brasileira. 2002. 367f. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Sanitária). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2002.

MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS. **Água e Indústria: experiências e desafios**. 1. ed. João Pessoa: Gráfica JB, 2018.

MOURA, A. N. de. **Recarga artificial de aquíferos: os desafios e riscos para garantir o suprimento futuro de água subterrânea**. Águas Subterrâneas, [S. l.], n. 1, 2004. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23608>. Acesso em: 24 abr. 2022.

PLANO ESTRATÉGICO DE RECURSOS HÍDRICOS GUANDU DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO GUANDU, DA GUARDA E GUANDU MIRIM. **RP 02 Elaboração do Diagnóstico**. Tomo I.2017.

PLANO ESTRATÉGICO DE RECURSOS HÍDRICOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO GUANDU, DA GUARDA E GUANDU MIRIM.2018. Disponível em: <[https://comiteguandu.org.br/wp-content/uploads/2021/10/arq\\_pubMidia\\_Processo\\_063-2013\\_P8.pdf](https://comiteguandu.org.br/wp-content/uploads/2021/10/arq_pubMidia_Processo_063-2013_P8.pdf)>. Acesso em: 23 maio 2022.

POMBO, F.R. **Gestão da demanda de água na indústria de refino de petróleo: desafios e oportunidades de racionalização**. 2011. 169f. Tese (Doutorado em Planejamento Energético). COPPE. 2011.

Quantifying Potential Impact of Water Shortage on Different Industries in India, 2019 Research Study. Business Wire, 2019. Disponível em:<<https://www.businesswire.com/news/home/20191104005505/en/Quantifying-potential-Impact-of-Water-Shortage-on-Different-Industries-in-India-2019-Research-Study---ResearchAndMarkets.com>> Acesso em: 11,03,2021.

Relatório Anual Gerdau 2020. **Preparados para o futuro**. Disponível em:<<https://www2.gerdau.com.br/relatorio-anual-2020>> Acesso em: 26.06.2022.

RIO DE JANEIRO. LEI Nº 3239, de 02 de agosto de 1999. Institui a política estadual de recursos hídricos; cria o sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos; regulamenta a Constituição Estadual, em seu artigo 261, parágrafo 1º, inciso VII; e dá outras providências. Disponível em: < [http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/base\\_legal-2.pdf](http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/base_legal-2.pdf)> Acessado em: 11 de ago. de 2022.

RIO DE JANEIRO. Lei nº 4.247, de 16 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos de domínio do Estado do Rio de Janeiro e dá outras providências. Disponível em: < [http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/base\\_legal-2.pdf](http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/base_legal-2.pdf)> Acessado em: 11 de ago. de 2022.

RIO DE JANEIRO. Lei Estadual nº 6.034, de 08 de setembro de 2011. Dispõe sobre a obrigatoriedade dos postos de combustíveis, lava-rápidos, transportadoras e empresas de ônibus urbanos intermunicipais e interestaduais, localizados no estado do rio de janeiro, a instalem equipamentos de tratamento e reutilização da água usada na lavagem de veículos. Disponível em: <[http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2021/06/base\\_legal\\_5ed\\_1997\\_2021.pdf](http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2021/06/base_legal_5ed_1997_2021.pdf)> Acessado em: 11 de ago. de 2022.

RIO DE JANEIRO. Lei Estadual nº 7.424, de 24 de agosto de 2016. Fica obrigada a utilização de água de reuso pelos órgãos integrantes da administração pública estadual direta, das autarquias, das fundações instituídas ou mantidas pelo poder público, das empresas em cujo capital do Estado do Rio de Janeiro tenha participação, bem como pelas demais entidades por ele controladas direta ou indiretamente. Disponível em: <[http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2021/06/base\\_legal\\_5ed\\_1997\\_2021.pdf](http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2021/06/base_legal_5ed_1997_2021.pdf)> Acessado em: 11 de ago. de 2022.

RIO DE JANEIRO. Lei Estadual nº 7.599, de 24 de maio de 2017. Dispõe sobre a obrigatoriedade de indústrias situadas no Estado do Rio de Janeiro instalarem equipamentos de tratamento e reutilização de água. Disponível em: <[http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2021/06/base\\_legal\\_5ed\\_1997\\_2021.pdf](http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2021/06/base_legal_5ed_1997_2021.pdf)> Acessado em: 11 de ago. de 2022.

RIO DE JANEIRO. Lei Estadual nº 7.987, de 13 de junho de 2018. Estabelece o uso eficiente da água nos estaleiros e nas edificações que especifica, situadas no Estado do Rio de Janeiro e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2021/06/base\\_legal\\_5ed\\_1997\\_2021.pdf](http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2021/06/base_legal_5ed_1997_2021.pdf)> Acessado em: 11 de ago. de 2022.

RIO DE JANEIRO. Decreto Estadual nº 47.403, de 15.12.2020. Dispõe sobre a política de reúso de água para fins não potáveis no âmbito do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <[http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2021/06/base\\_legal\\_5ed\\_1997\\_2021.pdf](http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2021/06/base_legal_5ed_1997_2021.pdf)> Acessado em: 11 de ago. de 2022.

ROSA, A.M.R.; GUARDA, V.L.M. **Gestão de recursos hídricos no Brasil: um histórico.** Revista Direito Ambiental e Sociedade. V9, n.2.UCS.2019

SEETI, A. A.; LIMA, F.E.F.W.; CHAVES, A.G.M.; PEREIRA, I.C. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos.** Brasília.2001.

TUCCI, C.E.M.; HESPANHOL, I.; NETTO O.M.C. **A gestão da água no Brasil.**Brasília.2001.

TUNDISI, J.G&TUNDISI T.M.. **As múltiplas dimensões da crise hídrica.**Revista USP . São Paulo . n. 106.p. 21-30. julho/agosto/setembro 2015.

TUNDISI, J.G. **Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos.** Revista Usp, n.70, p. 24-35. São Paulo. 2006

THE UNITED Nations UN WORLD WATER DEVELOPMENT. **Report 1: Water for people, water for life.**Paris. 2003

THE UNITED NATIONS WORLD WATER DEVELOPMENT. **Report 2019: Leaving No One Behind.**Paris. 2019.

VIVAS, E.B.F.; **Avaliação e gestão de situações de seca e escassez, aplicação ao caso do Guadiana.** 2011. 645f. Dissertação (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2011.

## 12 ANEXO



### QUESTIONÁRIO

#### 1. Perguntas relacionadas ao consumo de água na empresa

- 1.1. Qual a principal atividade realizada pela indústria?
- 1.2. Qual a origem da água utilizada na indústria (captação subterrânea, captação superficial concessionária ou mista )?
- 1.3. Qual o volume estimado de água captado pela indústria?
- 1.4. Qual o volume estimado de água é consumido no processo produtivo?
- 1.5. Qual o volume de água que é lançado como efluente ou é perdido após a etapa de produção?
- 1.6. A água captada pela empresa serve a outros fins como: Lavagem, higiene, rega de jardins e outros?

#### 2. Perguntas relacionadas eventos de escassez hídrica na região

- 2.1. A quanto tempo a empresa está fisicamente instalada nessa localidade?
- 2.2. A empresa já enfrentou algum período de estiagem?

- 2.3. Se sim, por quanto tempo a estiagem permaneceu?
- 2.4. Foi preciso realizar racionamento de água para evitar maiores danos a atividade da empresa?
- 2.5. Foi preciso reduzir carga horária de trabalho ou o efetivo da empresa visando racionamento de água?
- 2.6. A empresa teve perdas econômicas durante esse período?
- 2.7. É possível estimar o quanto houve de perda?
- 2.8. Caso a empresa não tenha enfrentado nenhum problema relacionado a escassez hídrica, é possível informar se a alta administração implementou ou vem planejando implementar ações que tenham como objetivo minimizar os impactos que uma futura crise hídrica possa trazer para a empresa?

### **3. Perguntas relacionadas à gestão de recursos hídricos**

- 3.1. A alta gestão da empresa tem a percepção da grande quantidade de água que é utilizada no processo produtivo?
- 3.2. A empresa possui uma Política Ambiental estabelecida que contempla em sua missão a garantia do uso sustentável dos recursos hídricos?
- 3.3. A empresa possui Sistema de Gestão Ambiental (SGA) implementado?

- 3.4.** Dentre os objetivos contemplados pelo Sistema de Gestão Ambiental está a redução do consumo de água nas etapas produtivas, buscando sempre a melhoria contínua?
- 3.5.** Qual o tipo de tecnologia adotada pela empresa para redução no consumo de água?
- 3.6.** Caso a empresa tenha como processo o reuso de água, essa é utilizada apenas nos processos de produção ou também em áreas secundárias (irrigação de jardim, limpeza e uso em sanitários)