

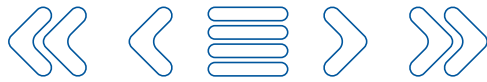


# ESTUDO SOBRE O IMPACTO ECONÔMICO DOS INVESTIMENTOS DE REÚSO DE EFLUENTES TRATADOS DE ESGOTO PARA O SETOR INDUSTRIAL



Confederação Nacional da Indústria  
PELO FUTURO DA INDÚSTRIA





# ESTUDO SOBRE O IMPACTO ECONÔMICO DOS INVESTIMENTOS DE REÚSO DE EFLUENTES TRATADOS DE ESGOTO PARA O SETOR INDUSTRIAL

Acesse a publicação  
pelo QR Code abaixo.





## **CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI**

*Robson Braga de Andrade*  
Presidente

### **Gabinete da Presidência**

*Teodomiro Braga da Silva*  
Chefe do Gabinete - Diretor

### **Diretoria de Desenvolvimento Industrial**

*Carlos Eduardo Abijaodi*  
Diretor

### **Diretoria de Relações Institucionais**

*Mônica Messenberg Guimarães*  
Diretora

### **Diretoria de Serviços Corporativos**

*Fernando Augusto Trivellato*  
Diretor

### **Diretoria Jurídica**

*Hélio José Ferreira Rocha*  
Diretor

### **Diretoria de Comunicação**

*Ana Maria Curado Matta*  
Diretora

### **Diretoria de Educação e Tecnologia**

*Rafael Esmeraldo Lucchesi Ramacciotti*  
Diretor



# ESTUDO SOBRE O IMPACTO ECONÔMICO DOS INVESTIMENTOS DE REÚSO DE EFLUENTES TRATADOS DE ESGOTO PARA O SETOR INDUSTRIAL



Brasília, 2020



Confederação Nacional da Indústria  
PELO FUTURO DA INDÚSTRIA



© 2020. CNI – **Confederação Nacional da Indústria.**

Qualquer parte desta obra poderá ser reproduzida, desde que citada a fonte.

CNI

**Gerência Executiva de Meio Ambiente e Sustentabilidade - GEMAS**

---

FICHA CATALOGRÁFICA

---

C748e

Confederação Nacional da Indústria.

Estudo sobre o impacto econômico dos investimentos de reúso de efluentes tratados de esgoto para o setor industrial / Confederação Nacional da Indústria. – Brasília – CNI, 2020.

ISBN: 978-65-86075-04-5

60 p. – il.

1.Reúso de efluentes. 2. Impacto econômico. I. Título.

CDU – 502.174

---

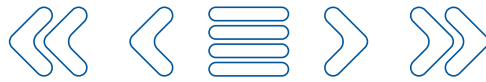
CNI  
Confederação Nacional da Indústria  
**Sede**  
Setor Bancário Norte  
Quadra 1 – Bloco C  
Edifício Roberto Simonsen  
70040-903 – Brasília – DF  
Tel. – (61) 3317-9000  
Fax – (61) 3317-9994  
<http://www.portaldaindustria.com.br/cni/>

**Serviço de Atendimento ao Cliente - SAC**  
Tels. – (61) 3317-9989/3317-9992  
[sac@cni.org.br](mailto:sac@cni.org.br)



# LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
ANA – Agência Nacional de Águas  
AOT – Acquire, Operate and Transfer  
BOT – Build-Operate-Transfer  
CAPEX – Capital Expenditure  
CCM – Centro de Controle de Motores  
CBHs – Comitês de Bacias Hidrográficas  
CIDE – Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico  
CIP – Clean-in-place  
CNI – Confederação Nacional da Indústria  
CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos  
COFINS – Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social  
COMEX Stat – Estatísticas de comércio exterior do Brasil  
CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente  
CSLL – Contribuição Social sobre o Lucro Líquido  
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio  
EPE – Empresa de Pesquisa Energética  
ETE – Estação de Tratamento de Esgoto  
EUA – Estados Unidos da América  
FGTS – Fundo de Garantia do Tempo de Serviço  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços  
IPI – Imposto sobre Produtos Industrializados  
IE – Imposto de Exportação  
IRPF – Imposto de Renda Pessoa Física  
IRPJ – Imposto de Renda Pessoa Jurídica  
ISS – Imposto Sobre Serviços  
INSS – Instituto Nacional da Seguridade Nacional  
IOF – Imposto sobre Operações Financeiras  
ITR – Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural



MERCOSUL – Mercado Comum do Sul

MIP – Matriz Insumo Produto

MBRs – Membrane Bioreactors

MBBRs – Moving bed biofilm reactor

M<sup>3</sup>/h – Metro cúbico por hora

M<sup>3</sup>/s – Metro cúbico por segundo

N – Nitrogênio

NBR – Norma Brasileira

NCM – Nomenclatura Comum do Mercosul

RMSP – Região Metropolitana de São Paulo

ODS – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

OR – Osmose Reversa

O&M – Operation and Maintenance

ONU – Organização das Nações Unidas

OPEX – Operational Expenditure

P – Fósforo

PASEP – Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público

PEAD – Polietileno de alta densidade

PIS – Programa de Integração Social

Ph – Potencial Hidrogeniônico

PPP – Parceria Público Privada

PIB – Produto Interno Bruto

SPE – Sociedade de Propósito Específico

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Nacional

SNS - Secretaria Nacional de Saneamento

UF – Ultrafiltração

UV – Ultravioletas





# LISTA DE QUADROS

<b>QUADRO 1</b> – Indicadores Econômicos da indústria no Brasil.....	27
<b>QUADRO 2</b> – Unidades petroquímicas e siderúrgicas no Brasil por região.....	29
<b>QUADRO 3</b> – Estimativa do potencial de água de reúso de efluente tratado de esgoto doméstico para fins industriais (m <sup>3</sup> /s) no curto e médio prazos, por região, considerando somente o efluente municipal – Cenário conservador .....	30
<b>QUADRO 4</b> – Estimativa de potencial de água de reúso de efluente tratado de esgoto doméstico para fins industriais e participação da indústria no contexto nacional (baseado no total de custos operacionais).....	31
<b>QUADRO 5</b> – Cenários de Capex/Opex de projetos DE reúso de efluente tratado de esgoto doméstico para fins industriais.....	32
<b>QUADRO 6</b> – Componentes principais dos sistemas de UF propostos.....	35
<b>QUADRO 7</b> – Investimentos de uma planta-padrão .....	37
<b>QUADRO 8</b> – Consumo de uma planta-padrão (R\$ mil).....	38
<b>QUADRO 9</b> – Potencial de Investimento por região (R\$ mil) .....	38
<b>QUADRO 10</b> – Potencial de Consumo anual por região (R\$ mil) .....	39
<b>QUADRO 11</b> – Estrutura básica de uma matriz insumo-produto (MIP) .....	40
<b>QUADRO 12</b> – Esquema de avaliação de impacto proveniente de um choque sobre um dado setor da economia.....	41
<b>QUADRO 13</b> – Impostos e contribuições não inclusos na mip .....	41
<b>QUADRO 14</b> – Parâmetros analisados pela MIP .....	42
<b>QUADRO 15</b> – Multiplicadores de impactos.....	42
<b>QUADRO 16</b> – Investimentos para expansão do reúso de efluente tratado de esgoto doméstico pelo setor industrial .....	43
<b>QUADRO 17</b> – Efeitos da realização dos investimentos para expansão do reúso de efluente tratado de esgoto doméstico pelo setor industrial .....	44
<b>QUADRO 18</b> – Efeitos da produção nacional de membranas .....	46
<b>QUADRO 20</b> – Evolução do Valor importado da NCM 8421.99.99 (outras partes de aparelhos para filtrar, depurar líquidos etc.) – 2004 a 2019 (US\$ milhões, em valores correntes) .....	47
<b>QUADRO 19</b> – Evolução da importação de outras partes de aparelhos para filtrar, depurar etc. (Quilograma líquido) .....	48
<b>QUADRO 21</b> – Participação do país de origem no valor de importação nacional da NCM 8421.99.99 (outras partes de aparelhos para filtrar, depurar líquidos etc.) em 2019 (em % do valor total importado).....	48
<b>QUADRO 22</b> – Evolução do valor do dólar atualizado pela inflação considerando a cotação média do mês .....	49

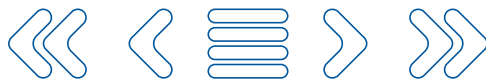




# SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>RESUMO EXECUTIVO</b> .....	<b>13</b>
Objetivo.....	13
Potencial da oferta de reúso e tecnologias.....	13
Cálculo dos investimentos necessários para o potencial de produção de água de reúso.....	14
Efeitos da produção de água de reúso sobre o conjunto da economia.....	14
Potencial de substituição de importações e oportunidades para a indústria.....	14
Linhas de ação para estimular a produção de água de reúso no país.....	15
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>19</b>
<b>PANORAMA ATUAL DO REÚSO DE ÁGUA NO BRASIL</b> .....	<b>23</b>
Estimativa do Potencial de Reúso de Água para 2030.....	27
<i>A indústria nas cinco regiões do Brasil</i> .....	27
<i>Segmentos da indústria intensivos em água de reúso</i> .....	28
<i>Estimativa de potencial de produção de água de reúso de efluente tratado de esgoto doméstico para fins industriais</i> .....	30
Análise Quantitativa e Qualitativa dos Investimentos Necessários.....	32
<i>Definição da tecnologia</i> .....	33
<i>Estimativa do investimento</i> .....	35
<i>Estimativa do consumo</i> .....	37
<i>Investimento por região</i> .....	38
<i>Consumo por região</i> .....	38
<i>Metodologia da MIP-IBGE</i> .....	39
Efeitos Estimados da Realização de Investimentos em Reúso de Efluente Tratado de Esgoto Doméstico para Fins Industriais.....	42
Substituição de Importação para o Setor de Água de Reúso de Efluente Tratado de Esgoto Doméstico para Fins Industriais e os Impactos Causados pela Produções das Membranas no Brasil sobre Emprego, Renda e Impostos.....	44
<i>Um novo patamar para o câmbio e o volume de importação</i> .....	47
<b>CONCLUSÕES: UMA AGENDA DE PROPOSTAS</b> .....	<b>51</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>57</b>





# APRESENTAÇÃO

A crescente demanda por água para abastecer a população e assegurar o desenvolvimento de todas as atividades econômicas do país constitui um desafio na gestão dos recursos hídricos. Diversificar as fontes de fornecimento da indústria e de outros setores da economia pode auxiliar na busca da tão desejada segurança hídrica.

A Organização das Nações Unidas (ONU) define segurança hídrica como a garantia de acesso sustentável à água de qualidade, em quantidade adequada à manutenção dos meios de vida, ao bem-estar humano e ao desenvolvimento socioeconômico. O conceito visa garantir a proteção contra a poluição e os desastres relacionados à água, além de preservar os ecossistemas em um clima de paz e estabilidade política.

Diante dessa realidade, a Confederação Nacional da Indústria (CNI) reconhece a necessidade de prevenir e minimizar os desentendimentos decorrentes do uso da água, assegurando, em especial, meios para reduzir os efeitos da sua falta na indústria, seja em função das mudanças climáticas, seja em razão da má gestão do insumo. O equacionamento desses aspectos é importante para manter o desenvolvimento das atividades do setor.

Desde 2017, a CNI vem analisando o potencial de uso de efluentes tratados para abastecimento industrial na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Paraíba e Maranhão.

A CNI considera que as águas servidas ou residuais podem ser transformadas em matéria-prima para a diversificação da matriz de oferta no setor industrial e que os investimentos necessários para viabilizar essa prática têm a capacidade de gerar impactos consideráveis na economia. Tornou-se necessário quantificar o potencial de produção de água de reúso nos próximos anos e estimar o volume de recursos para maximizá-la.

Além disso, é preciso avaliar o impacto dessa iniciativa no Produto Interno Bruto (PIB), na geração de empregos e na receita pública, apresentando propostas para viabilizar e estimular o reúso de efluentes tratados no Brasil, bem como sua cadeia de suprimento. O presente *Estudo Sobre o Impacto Econômico dos Investimentos de Reúso de Efluentes Tratados de Esgoto para o Setor Industrial* cumpre esses objetivos.

Desse modo, fechamos um ciclo de insumos técnicos para subsidiar gestores, legisladores e tomadores de decisão (em nível federal, estadual e municipal) para que possam desenvolver, com o setor industrial, estratégias promotoras do acesso sustentável à água e do desenvolvimento econômico e social.

Boa leitura.

**Robson Braga de Andrade**  
Presidente da CNI



# RESUMO EXECUTIVO

## OBJETIVO

O objetivo deste estudo é avaliar e dimensionar os impactos na economia brasileira da viabilização de água de reúso de efluente tratado de esgoto doméstico para fins industriais.

## POTENCIAL DA OFERTA DE REÚSO E TECNOLOGIAS

Segundo a SNS (2018), no curto e no médio prazo (entre 2023 e 2028), é estimado que o potencial de reúso de água de efluentes urbanos no Brasil cresça para um cenário intermediário de 12,81 m<sup>3</sup>/s. A capacidade atual é de cerca de 1 m<sup>3</sup>/s.

As tecnologias de reúso disponíveis no mercado atualmente estão relacionadas ao diâmetro dos poros das membranas e, conseqüentemente, à capacidade de retenção de partículas. As principais são: microfiltração (sólidos suspensos, coloides e bactérias), ultrafiltração (vírus e moléculas de grande peso molecular), nanofiltração (moléculas de peso molecular médio) e osmose reversa (íons/sais dissolvidos na água).

Dentre as diversas soluções tecnológicas possíveis, este estudo adotou a utilização de sistemas de ultrafiltração após o tratamento secundário das Estações de Tratamento de Esgoto. Normalmente as estações de tratamento são compostas por (i) tratamento primário, onde são removidos sólidos de maiores dimensões e areia e (ii) tratamento secundário, onde ocorre a redução da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e, em alguns casos no Brasil, remoção de nitrogênio e fósforo.



## **CÁLCULO DOS INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS PARA O POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE ÁGUA DE REÚSO**

Inicialmente foi definida uma planta padrão de reúso. Em seguida, foram orçados todos os investimentos necessários para implementação desta planta, bem como os custos anuais de operação. A partir daí, estes valores de investimento e custos de operação anual foram convertidos para um valor por unidade de água de reúso produzida.

Uma vez estimados os valores de investimento e custo anual de operação em função da vazão de água de reúso produzida, este estudo adotou os valores definidos pelo trabalho da SNS (2018) para avaliar os totais de investimento e custos de operação por região.

A partir do cálculo para o potencial de água de reúso de efluentes tratados de esgoto doméstico para o setor industrial foi realizado um cálculo do impacto deste investimento estimado sobre a economia mediante a utilização da matriz insumo-produto (MIP) do IBGE.

Concluiu-se que o valor do investimento necessário para atingir o potencial de produção é de aproximadamente R\$ 1,89 bilhão, dividido em R\$ 1,002 bilhão para a aquisição de máquinas e equipamentos e R\$ 888,0 milhões para a construção da obra. Deduzindo as importações, chegou-se a um investimento de R\$ 1,71 bilhões.

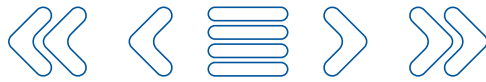
## **EFEITOS DA PRODUÇÃO DE ÁGUA DE REÚSO SOBRE O CONJUNTO DA ECONOMIA**

A MIP demonstrou que os investimentos resultariam em uma expansão da produção nacional (valor agregado) da ordem de quase R\$ 6,0 bilhões, geração de quase 96 mil de empregos e R\$ 999,74 milhões em massa salarial, além de R\$ 464 milhões em arrecadação de impostos; estes últimos sendo R\$ 36,17 milhões de IPI, imposto federal, e quase R\$ 237 milhões de ICMS, imposto estadual. Os efeitos da MIP são referentes ao horizonte temporal do investimento, ou seja, os resultados obtidos são proporcionais ao valor investido ao longo da implementação do projeto até a última etapa de execução.

## **POTENCIAL DE SUBSTITUIÇÃO DE IMPORTAÇÕES E OPORTUNIDADES PARA A INDÚSTRIA**

Há um potencial de substituição de importações e geração de oportunidades de mercado para a indústria nacional. O volume de importação de membranas de nanofiltração, ultrafiltração e microfiltração tem crescido nos últimos anos. A média de importação





entre 2004 até 2019 foi de US\$ 114 milhões por ano e aumentou cerca de US\$ 10 milhões (6,4%) no ano de 2019 em relação a 2018.

Considerando o potencial de produção de água de reúso, há escala suficiente para justificar a produção local de alguns dos itens mais importantes. As circunstâncias macroeconômicas atuais também sugerem uma janela de oportunidade para substituição de importações em segmentos como o de membranas.

A diminuição do diferencial de juros doméstico e internacional e a tendência de valorização do dólar relativamente às moedas emergentes sugerem um Real em um patamar mais depreciado, tornando o produto nacional mais competitivo vis-à-vis ao estrangeiro.

Além do estímulo econômico da instalação da fábrica, a produção da membrana, através de seus efeitos multiplicadores a partir da expansão da produção do setor de máquinas e equipamentos seria capaz de injetar na economia nacional quase R\$ 680 milhões em valor agregado e gerar 9.230 postos de trabalho e R\$ 114,5 milhões em massa salarial.

Com relação aos impostos, cerca de R\$ 60,67 milhões seriam arrecadados, sendo R\$ 6,19 milhões de IPI, imposto federal, e quase R\$ 35 milhões de ICMS, imposto estadual. Todas os efeitos gerados ocorrem simultaneamente à realização dos investimentos.

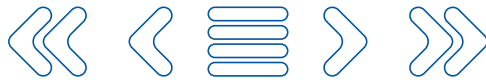
## **LINHAS DE AÇÃO PARA ESTIMULAR A PRODUÇÃO DE ÁGUA DE REÚSO NO PAÍS**

Os resultados do Estudo sugerem 14 pontos:

- i) O Ceará foi precursor na regulação do reúso de água para vários fins, inclusive os industriais, com a aprovação da Lei 16.033/2016. Iniciativas deste tipo podem ser reproduzidas em outros estados ou por meio de uma Resolução CONAMA, de forma a facilitar processos de licenciamento ambiental desses empreendimentos e dos usos que lhe forem direcionados;
- ii) As companhias de saneamento não investirão em um projeto de reúso isoladamente. Portanto, será necessário obter contrapartida e investimentos da indústria, além de obtenção de crédito da União e dos Estados. Desta forma, as indústrias primeiramente deverão alinhar seus interesses a respeito dos efluentes de reúso e conferir quais contrapartidas relativas aos custos nas ações de operação, manutenção e gestão para convencimento das companhias de saneamento;
- iii) Em caso de dificuldades com as companhias de saneamento, vale a proposta de se realizar planos-piloto e, uma vez que estes se apresentem viáveis, avançar para projetos de porte maior.



- iv) Outra possibilidade, embora distante do ideal, seria o uso caminhões-pipa para transporte do efluente tratado para indústrias ao entorno das Estações de Tratamento.
- v) Apesar de o estudo da SNS ter apontado o potencial de reúso de somente 0,01 m<sup>3</sup>/s para a Região Norte, é possível que este número seja maior do que o previsto, sobretudo no distrito industrial de Ananindeua (próximo a Belém do Pará) e, especialmente, no Polo Industrial da Manaus;
- vi) Para um primeiro avanço do reúso no país, recomenda-se priorizar indústrias pesadas e de grande porte, como as petroquímicas e as siderúrgicas, por serem grandes consumidoras e estarem concentradas em poucas empresas, o que facilita a articulação. Além disso, por terem produção concentrada em poucos estabelecimentos, facilita-se a operação e o consumo do efluente de reúso;
- vii) Dado o fato de o consumo de energia elétrica ser uma variável relevante em um projeto de reúso de água, as usinas termelétricas têm bom potencial para implementação. Ademais, pelo fato delas mesmas produzirem energia, reduz-se o custo relativo a esta variável. Além disso, caso haja unidades fabris em seu entorno, é possível pensar em projetos que as beneficiam;
- viii) A relevância da indústria alimentícia para o país indica a necessidade de haver uma regulação e uma linha de crédito específicas para este setor no que tange o reúso da água. Incentivos fiscais, avanço na agenda para fins potáveis do reúso, unidades compactadas e unidades piloto de tratamento para operações pontuais nas fábricas podem ser alguns dos primeiros passos para este setor. A parceria com companhias de saneamento demandaria uma maior união entre elas e em território específico para dar viabilidade a projeto conjunto.
- ix) Auxiliar na articulação de unidades fabris de uma localidade (ex: distritos industriais em articulação com as Federações das Indústrias estaduais) para que empresas de diferentes ramos se unifiquem em um projeto comum de reúso que beneficie o conjunto de empresas. As plantas de reúso podem ser geridas por uma empresa privada que faz o intermédio do tratamento de efluentes e a redistribuição às respectivas fábricas;
- x) Auxiliar por meio de conhecimento técnico na apresentação de demandas específicas para a elaboração de projetos de reúso junto ao SEBRAE e ao ambiente acadêmico, de forma a desenvolver empresas no setor de equipamentos, peças e sistemas de reúso para desenvolvimento do mercado nacional;
- xi) Orientar os representantes do setor industrial nos comitês de bacias hidrográficas pelo país a se alinharem com as demandas relativas ao reúso de efluentes e propor modelos de gestão e de custeio que tragam maiores benefícios às indústrias;



- xii) Contatar indústrias que já tenham realizado projetos de reúso em suas próprias instalações e realizar um levantamento do custo médio de R\$/m<sup>3</sup>, de acordo com a vazão e a finalidade do efluente de reúso para maior dimensão de custos em projetos pelo país;
- xiii) Promover estudos específicos de mercado e fomentar a substituição de importações de máquinas e equipamentos para água de reúso;
- xiv) Estímulo regional para estudar o reúso, formar associações de empresas para montarem plantas de reúso e dividirem o produto, estimular desenvolvimento de projetos padronizados e aprimorar a legislação atual bem como introduzir novos normativos no sentido de estimular o reúso para o conjunto da indústria.



# INTRODUÇÃO

O objetivo deste estudo é avaliar e dimensionar os impactos, na economia brasileira, da viabilização de água de reúso de efluente tratado de esgoto doméstico para fins industriais. O documento está dividido em sete seções, incluindo esta Introdução.

A Seção 2 contém um diagnóstico do reúso no Brasil, utilizando fontes secundárias de dados e informações disponibilizadas por órgãos públicos, por concessionárias dos serviços de saneamento e pelo Programa de Desenvolvimento do Setor Águas (INTERÁGUAS) coordenado pela Agência Nacional de Águas (ANA), presentes em estudos da própria CNI.

Na Seção 3 é realizada uma estimativa do potencial de reúso de água no país na próxima década. A Seção 4 analisa o volume de investimento necessário para o cumprimento da meta estabelecida na seção precedente. Nesse ponto serão definidas as características de projeto padronizado que permite atender as condições de reúso definidas. Os investimentos identificados são decompostos nos segmentos de construção civil, equipamentos eletromecânicos de produção nacional, equipamentos eletromecânicos importados e serviços de montagem.

A Seção 5 apresenta uma estimativa do impacto no PIB na geração de emprego e na receita pública desses investimentos, a partir da Metodologia da Matriz Insumo-Produto do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (MIP-IBGE). A Seção 6 discute o potencial de substituição de importações de elos importantes da cadeia de suprimento para a produção de água de reúso. Se o país for capaz de realizar o volume projetado de



água de reúso, poderá ganhar escala para a produção doméstica e regional de membranas de nanofiltração, ultrafiltração e microfiltração<sup>1</sup>. Demonstra-se que há uma janela de oportunidade para a produção nacional de material importado.

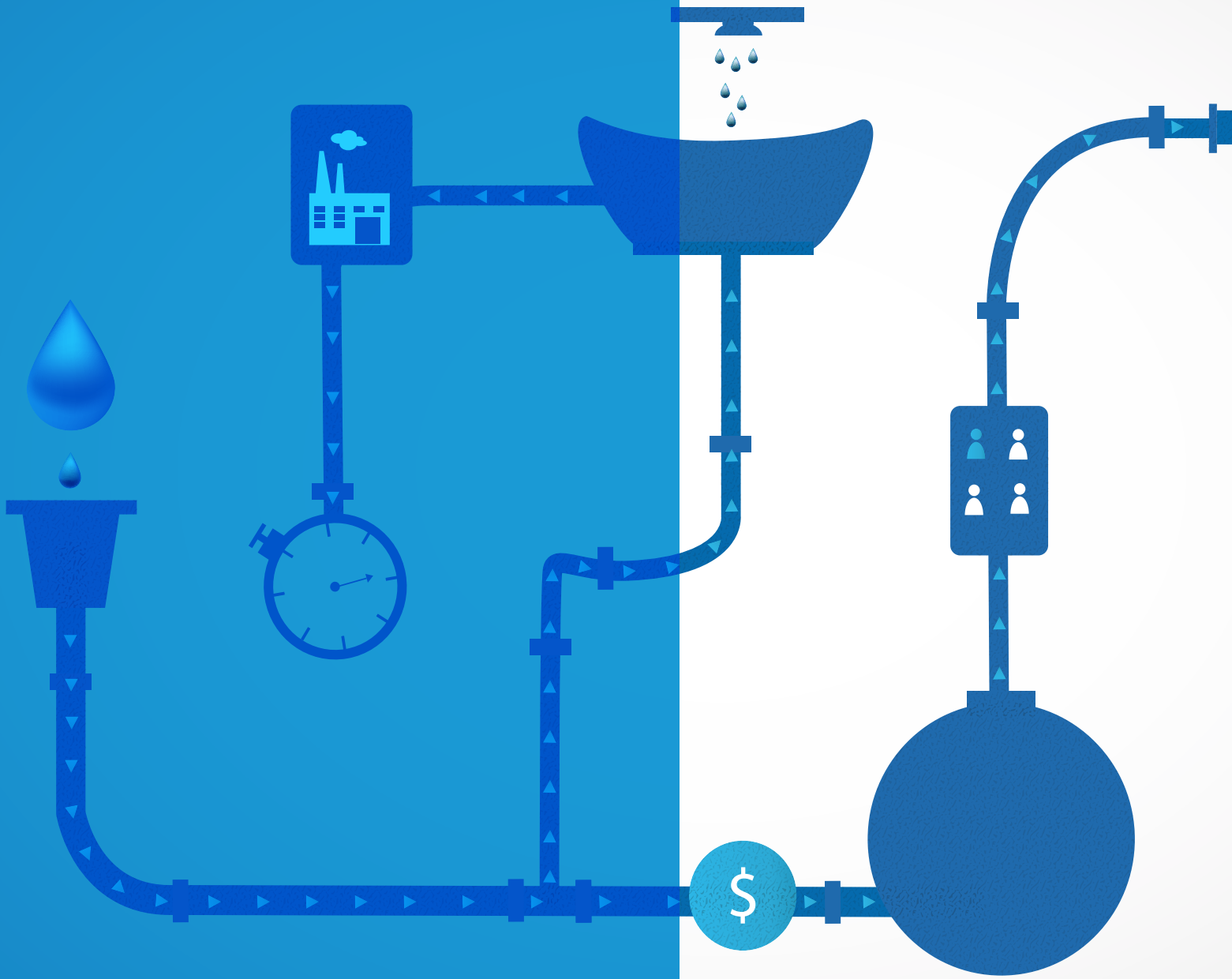
A última seção contém as principais conclusões do estudo e uma agenda com propostas para viabilizar e estimular o setor de água de reúso de efluente tratado de esgoto doméstico para fins industriais no Brasil e sua cadeia de suprimento.

Na elaboração deste documento foram utilizadas informações públicas devidamente citadas ao longo do texto, bem como dados fornecidos pela CNI.

---

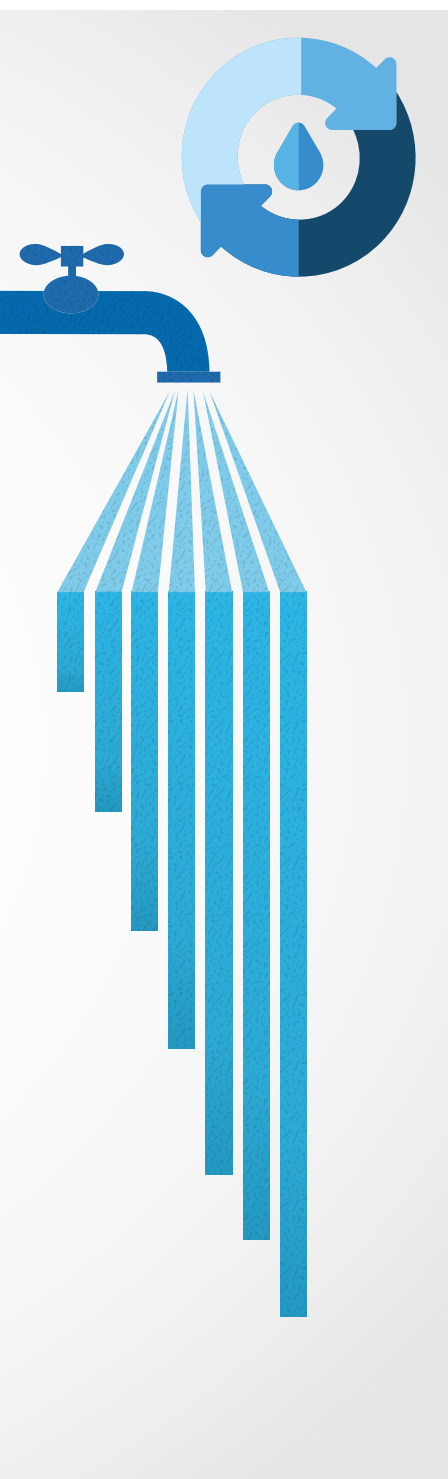
1 Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM) - NCM 8421.99.99.







# PANORAMA ATUAL DO REÚSO DE ÁGUA NO BRASIL



O objetivo desta seção é traçar um panorama geral da água de reúso de efluente tratado de esgoto doméstico para fins industriais. Para tanto, serão utilizadas fontes secundárias e dados disponibilizados por diversos órgãos públicos e concessionárias de serviços de saneamento.

O reúso de efluentes para fins alternativos remonta ao início dos processos de tratamento de efluentes em grande escala, especialmente a partir do fim do século XIX para usos como a fertirrigação nos países mais industrializados da época.

No Brasil, o assunto começou a ter maior destaque a partir da década de setenta. Com o projeto Pró-álcool, o salto da indústria canavieira aumentou em grande escala a produção de efluentes, conhecidos por *vinhaça* ou *vinhoto*, despejados *in natura* e passando a poluir, em proporções maiores, os recursos hídricos.

Apesar de, à época, não ter sido aplicado tratamento algum, o uso desse efluente rico em matéria orgânica teve seu reúso propício na fertirrigação, contribuindo para o crescimento dos canaviais e mitigando a poluição ambiental.

O aumento constante da demanda por água para o abastecimento público nas regiões metropolitanas brasileiras levou à maior vulnerabilidade hídrica dessas áreas. Por sua vez, indústrias e parques industriais de alta demanda por água localizados dentro ou próximo a tais regiões também sofreram consequências que punham em risco a segurança hídrica.



Além disso, a garantia do abastecimento público é prejudicada pelos altos índices de perdas hídricas reais que ocorrem no processo de distribuição mediante vazamentos e dificuldades em se gerenciar uma pressão ótima para a área atendida. De acordo com o Instituto Trata Brasil & GO Associados (2019), o Balanço Hídrico<sup>2</sup> estudado nos 100 municípios mais populosos do Brasil em 2017<sup>3</sup> aponta perdas da ordem de 38,3%. Para se ter ideia da importância dessa média nacional, o volume de água correspondente à perda no abastecimento público é de 191,39 m<sup>3</sup>/s, considerando os dados de retirada de água no Brasil fornecidos pela ANA. Esse volume seria capaz de suprir cerca de 97% da necessidade de retirada de água do setor industrial, segundo o mesmo dado da ANA. Não foi considerada a regionalização para esse comparativo.

Além da necessidade de captar água bruta em territórios mais distantes, por meio de túneis e adutoras que realizam a transposição de bacias hidrográficas, outras opções para o uso racional da água passam pelo reúso industrial, uma vez que existem processos cuja qualidade da água é de menor exigência do que a água potável distribuída no abastecimento público.

Dessa forma, a busca da indústria pela água de reúso ocorre majoritariamente pelos seguintes motivos:

- Reutilizar o efluente tratado para fins não potáveis na indústria, tal como lavagens, refrigeração e produção de vapor;
- Garantir o abastecimento de água nas indústrias mesmo durante as crises hídricas, quando o uso prioritário definido por lei é o abastecimento humano e a dessedentação de animais, e diminuir os conflitos relativos aos usos múltiplos da água em uma bacia hidrográfica;
- Trazer maior competitividade e/ou redução de custos relativos à obtenção de água, seja mediante abastecimento público ou pagamento pelo uso de recursos hídricos, a depender da competência legal do Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH) local ou pela captação direta de recursos hídricos superficiais ou subterrâneos;
- Obter benefícios econômicos relativos ao reaproveitamento dos próprios efluentes gerados pelas indústrias;
- Fomentar o reúso de efluentes urbanos por meio de projetos de usinas de tratamento específicas, que permitam a reaplicação em processos industriais e diminuam a vazão de lançamento das Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs);

2 O Balanço Hídrico tem como parâmetro inicial o volume de água produzido que ingressa no sistema, o qual, no processo de distribuição, pode ser classificado como consumo autorizado ou perdas. O consumo autorizado faz referência ao recurso hídrico fornecido aos clientes autorizados (medidos ou não), enquanto as perdas correspondem à diferença entre o volume de entrada e o consumo autorizado (Trata Brasil & GO Associados, 2019).

3 A análise da pesquisa foi feita sobre a base de dados do Sistema Nacional de Informações do Saneamento (SNIS).



- Aprimorar o atendimento técnico e legal de companhias de saneamento e/ou de órgãos ambientais locais, uma vez que a necessidade do tratamento está atrelada à qualidade do efluente lançado nas redes ou nos corpos d'água;
- Conservar os recursos hídricos e garantir a sustentabilidade dos empreendimentos, especialmente em áreas onde há escassez; e
- Atender aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODSs) estipulados pela Organização das Nações Unidas (ONU), em especial os de números 6 (água e saneamento para todos), 9 (construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação) e 12 (assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis).

De acordo com Rubim (2016), as principais técnicas contemporâneas utilizadas para a água de reúso de efluente tratado de esgoto doméstico para fins industriais são as de filtração, segmentadas em quatro tipos (microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração e osmose reversa), a depender do tamanho das partículas a serem removidas e dos processos de oxidação como membranas (MBRs - *Membrane Bio Reactors*, em inglês) e biofilmes (MBBRs - *Moved Bed Biofilm Reactors*, em inglês) para redução da matéria orgânica. No entanto, dependendo da finalidade dada ao efluente tratado, processos mais simples também podem ser aplicados, variando-se da simples adição de cloro ao uso de raios ultravioletas (UV).

O primeiro caso de água de reúso de efluente tratado de esgoto doméstico para fins industriais em grandes proporções no país ocorreu no estado de São Paulo com o Projeto Aquapolo. A concepção e o estudo de viabilidade tiveram início no ano de 2009, quando as empresas Odebrecht Ambiental (atual BRK Ambiental), a petroquímica Quattor (atual BRASKEM) e a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) se uniram e formaram uma Sociedade de Propósito Específico (SPE)<sup>4</sup> de nome Aquapolo Ambiental S.A. A planta foi construída a partir do ano 2010 e teve suas operações iniciadas em 2012, com o potencial de tratar até 0,9 m<sup>3</sup>/s de efluentes provenientes da ETE ABC, em São Paulo-SP.

Inicialmente, o projeto visava atender a clientes situados no Polo Petroquímico de Capuava, em Mauá-SP, por meio de uma adutora de 17 km. Porém, tendo em vista que previa a instalação de ramais para que indústrias situadas fora do polo também pudessem se abastecer de água de reúso de efluente tratado de esgoto doméstico para fins industriais, novos ramais foram implantados para que outras unidades fabris nas proximidades também pudessem se beneficiar. Hoje, os clientes são as empresas Paranapanema (metalurgia de cobre), Bridgestone (pneumáticos), White Martins (gás industrial) e as químicas e

<sup>4</sup> Foi criada uma Sociedade de Propósito Específico (SPE) para o projeto.



petroquímicas Cabot, Oxiteno e Oxicap, além da BRASKEM, com potencial de ainda agregar novas unidades Aquapolo (2020).

Além dessa forma de parceria junto às companhias de saneamento, o reúso de efluentes também pode ocorrer em pequena escala, ou seja, uma unidade fabril pode tratar e readequar seus próprios efluentes e reutilizá-los em partes do processo industrial, economizando no consumo de água proveniente de fontes externas. Para esses fins, existem, no Brasil, dezenas de empresas fornecedoras desses serviços, que operam mediante vários tipos de contratação, como BOT - *build-operate-transfer*, em inglês - construir-operar-transferir) e AOT - *acquire-operate-transfer*, em inglês - adquirir-operar-transferir, O&M - *operations and maintenance*, em inglês - operação e manutenção e outras, podendo também ser aplicadas Parcerias Público-Privadas (PPPs).

Na área privada destaca-se, no setor de bebidas, a AMBEV que, por meio do reúso junto a outras iniciativas de uso racional da água, conseguiu reduzir o consumo de água por litro envasado de bebida, de 5 litros em 2002 para 3,04 litros em 2017, por meio de um investimento de R\$ 150 milhões ao longo desses 15 anos, conforme a Revista Tratamento de Água, 2017.

Projetos menores de reúso foram estabelecidos em outros estados, como no caso da Bahia, em 2012, com a parceria entre a BRK Ambiental (anteriormente CETREL) e a BRASKEM, no Polo Petroquímico de Camaçari. O projeto tem capacidade máxima de vazão de 0,22 m<sup>3</sup>/s e foi estabelecida a restrição entre as partes de não poderem realizar nenhum tipo de convênio ou contrato ou receber qualquer benefício por parte do Estado.

Com relação à normatização do reúso, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) estabeleceu, por meio da Resolução 54/2005, as modalidades, as diretrizes e os critérios para o reúso da água. Além de se destacar a categoria para uso industrial, a resolução, em seu 8º artigo, atribui aos Comitês de Bacia Hidrográfica (CBHs) competência para propor mecanismos que reduzam a cobrança pelo uso de recursos hídricos dos usuários que façam reúso de efluentes em seus processos. No que tange ao licenciamento ambiental desse tipo de efluente, os órgãos reguladores solicitam que o efluente de reúso obedeça às normas exigidas nas resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) 357/2005 e 430/2011 sobre o lançamento de efluentes e realize as melhorias em parâmetros-chave de qualidade para garantir o uso não nocivo deste para o meio ambiente.

Tais normas levam em conta os processos de tratamento constantes na ABNT/NBR 13.969, a qual está em processo de revisão, especialmente por não prever alguns dos processos de tratamento citados por membranas ou por osmose reversa. Destaque-se que o estado do Ceará já possui legislação própria que define parâmetros de qualidade, prevendo o reúso de efluentes para fins industriais.



## ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE REÚSO DE ÁGUA PARA 2030

O objetivo desta seção é indicar o potencial de produção de água de reúso de efluente tratado de esgoto doméstico para fins industriais no país. A Subseção 3.1 mostra uma visão inicial das atividades industriais no território nacional. A Subseção 3.2 traça, por sua vez, um quadro para segmentos que podem ser considerados como fortes demandantes de água de reúso.

Ao final, utiliza-se a estimativa do trabalho intitulado “*Elaboração de Proposta do Plano de Ações para Instituir uma Política de Reúso de Efluente Sanitário Tratado no Brasil*”, realizado pela SNS, como base para o cálculo do investimento previsto e do custo de operação.

### A INDÚSTRIA NAS CINCO REGIÕES DO BRASIL

A distribuição das atividades industriais no Brasil ocorre de forma plural no território. Questões relacionadas a porte das unidades de transformação (unidades fabris), quantidade de funcionários, influência de determinados segmentos e setores, capital de giro, regulação e logística trazem cenários múltiplos para definir os critérios e as prioridades de projetos de reúso da água no país.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a economia industrial da Região Sudeste se destaca em indicadores de unidades e em custos operacionais e de valor bruto da produção, seguida pela da Região Sul, conforme consta no Quadro 1.

**QUADRO 1** – Indicadores Econômicos da indústria no Brasil

Região	Número de unidades locais (unidades)	Total de custos das operações industriais (mil reais)	Valor bruto da produção industrial (mil reais)
Norte	5.429,00	80.691.605,00	162.304.383,00
Nordeste	24.187,00	156.021.212,00	272.704.257,00
Sudeste	91.270,00	776.173.926,00	1.458.936.063,00
Sul	55.646,00	333.892.416,00	564.955.563,00
Centro-Oeste	12.486,00	122.079.601,00	187.594.579,00
<b>Total</b>	<b>189.018,00</b>	<b>1.468.858.760,00</b>	<b>2.646.494.845,00</b>
% na participação nacional			
Norte	2,87%	5,49%	6,13%
Nordeste	12,80%	10,62%	10,30%
Sudeste	48,29%	52,84%	55,13%
Sul	29,44%	22,73%	21,35%
Centro-Oeste	6,61%	8,31%	7,09%



Embora haja maiores possibilidades de viabilizar projetos nas Regiões Sul e Sudeste, conforme o número bruto e os percentuais destacados na escala nacional, há também possibilidades a serem exploradas no Nordeste, no Norte e no Centro-Oeste. Apesar de, potencialmente, qualquer indústria usuária de recursos hídricos poder adotar práticas e tecnologias relativas ao reúso de efluentes próprios ou de terceiros, a viabilidade só é factível por meio de análises técnicas, operacionais e financeiras que comprovem relevância e sustentabilidade frente às suas atividades.

No longo prazo, espera-se um aumento de oferta e de alternativas tecnológicas múltiplas para reúso de água de forma a, gradualmente, mais indústrias de diferentes ramos e escalas de produção poderem adotá-lo.

## SEGMENTOS DA INDÚSTRIA INTENSIVOS EM ÁGUA DE REÚSO

Com relação aos tipos de indústrias e unidades, em 2017 a ANA elaborou o relatório *Água na Indústria: Usos e Coeficientes Técnicos*, com estimativas relativas à demanda e ao consumo de água no setor. Calculou-se que, no ano de 2015, foram captados 192,41 m<sup>3</sup>/s e a vazão consumida foi de 104,92 m<sup>3</sup>/s, o equivalente a 55% do total retirado (ANA, 2017). No estudo, foi identificado que a indústria alimentícia nacional é a maior consumidora de água, responsável por 55,9% de todo o consumo, seguida pelas indústrias de petróleo/biocombustíveis (25,5%), papel e celulose (3,8%), bebidas (3,0%), metalurgia (2,4%), química (2,0%) e outras não definidas (7,4%).

Para o trabalho em tela, foi pesquisado, para as regiões, o total de unidades petroquímicas (polos e/ou refinarias) e siderúrgicas nas cinco regiões, considerando que esses segmentos contam com unidades fabris ou complexos industriais de grande porte e concentrados no território, tornando-se consumidores de água de reúso em parceria com companhias de saneamento básico com maior potencial. Essas duas categorias de indústrias costumam ser promissoras para projetos de reúso e foram selecionadas pelos seguintes motivos:

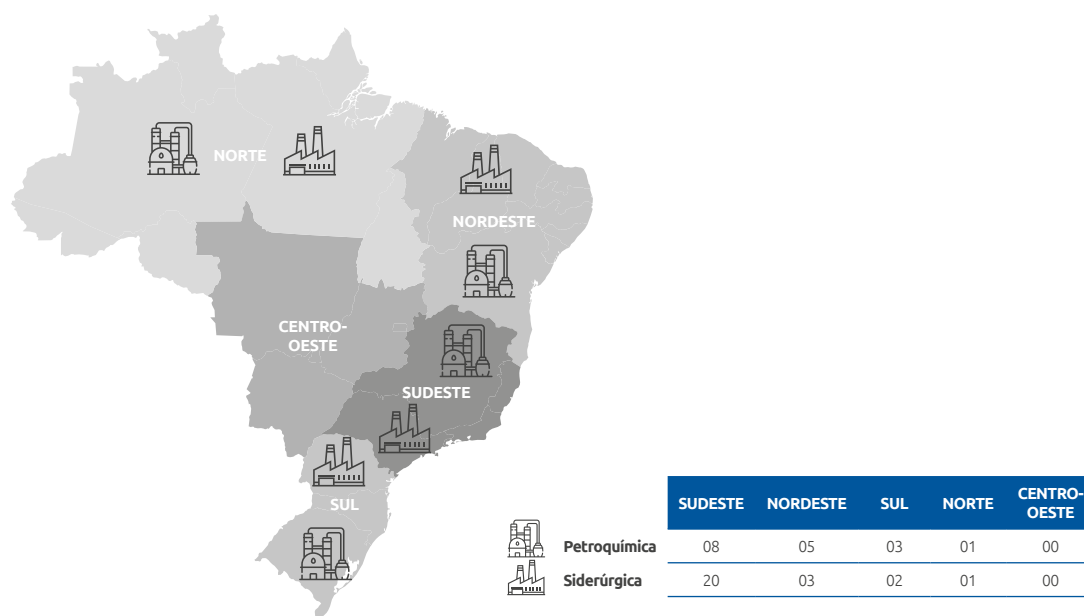
- A pesquisa de Scarlati (2013) informou que não menos de 69% da água consumida foram encaminhados para os sistemas de resfriamento na indústria petroquímica e nas diretamente relacionadas, como as indústrias de plásticos, tintas e solventes e fertilizantes. No caso das refinarias de petróleo, 95% da água consumida são usados em resfriamento, conforme Leeden et al. (1990);
- O consumo médio de água das plantas integradas é de 28,6 m<sup>3</sup>/t de aço, com descarte médio de 25,3 m<sup>3</sup>/t, uma vez que grande parte dela é evaporada no processo de resfriamento da escória, conforme Portal Tratamento de Água (2019); e



- No estudo de Santos (2014) foi observado que, em uma unidade siderúrgica no Vale do Paraíba (Estado de São Paulo), seria possível implantar um sistema interno de tratamento para reúso, cujo custo seria de R\$ 0,75/m<sup>3</sup>, valor bastante inferior ao cobrado pelas companhias de saneamento básico pelo país.

Em levantamento sobre as bases de informações do Instituto Aço Brasil e da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) foram localizadas 17 unidades petroquímicas (polos e/ou refinarias) e 26 unidades siderúrgicas no país, distribuídas entre as cinco regiões, conforme Quadro 2.

**QUADRO 2** – Unidades petroquímicas e siderúrgicas no Brasil por região



Fonte: Instituto Aço Brasil (2020) e EPE (2018).

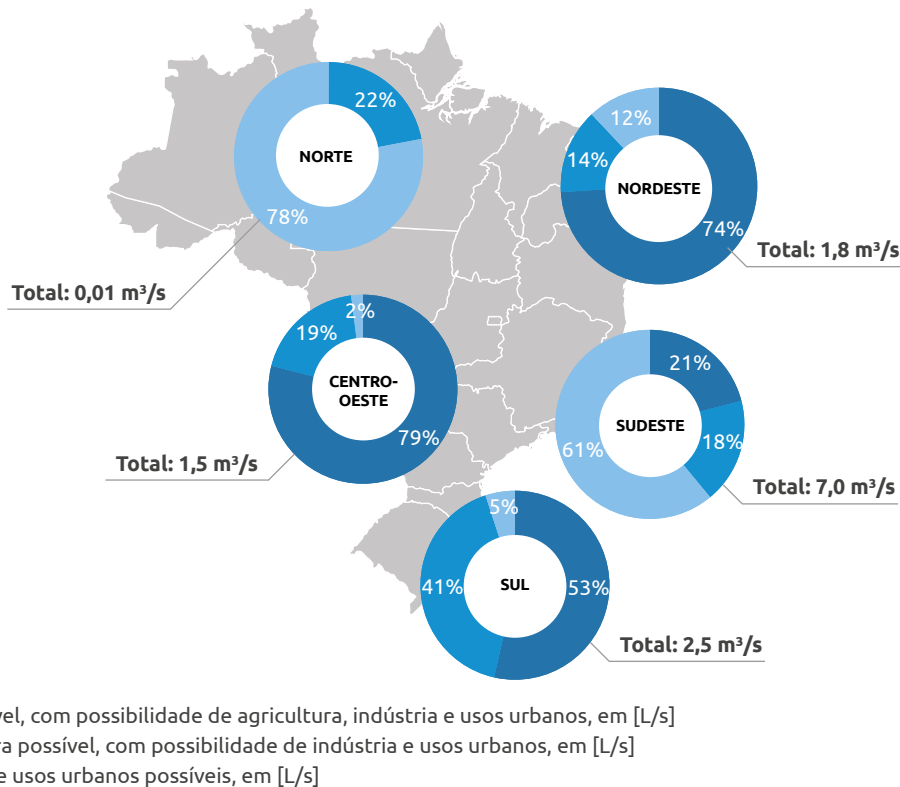
Essas unidades possuem potencial para implementação do projeto de água de reúso de efluente tratado de esgoto doméstico para fins industriais, uma vez que a maioria delas está localizada próximo às regiões metropolitanas, das quais a produção de efluentes pode ser encaminhada para reúso. Além disso, algumas dessas unidades estão situadas em distritos e parques industriais, onde outros ramos da indústria poderiam se beneficiar de um projeto, tal como ocorre no Polo Petroquímico de Capuava, no Município de Santo André, na Região Metropolitana de São Paulo.



## ESTIMATIVA DE POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE ÁGUA DE REÚSO DE EFLUENTE TRATADO DE ESGOTO DOMÉSTICO PARA FINS INDUSTRIAIS

Segundo a SNS (2018-A), nos curto e médio prazos (entre 2023 e 2028), é estimado que a água de reúso de efluente tratado de esgoto doméstico para fins industriais no Brasil cresça para de 10 a 15 m<sup>3</sup>/s em diferentes cenários estipulados. Dessa forma, a estimativa oficial do estudo foi ponderada em um cenário intermediário, conforme destacado no Quadro 3, no qual foi previsto o reúso de 12,81 m<sup>3</sup>/s.

**QUADRO 3** – Estimativa do potencial de água de reúso de efluente tratado de esgoto doméstico para fins industriais (m<sup>3</sup>/s) no curto e médio prazos, por região, considerando somente o efluente municipal – Cenário conservador



Fonte: SNS, 2018.

A previsão por regiões teve proporção semelhante à participação da indústria no contexto nacional, exceto pela Região Norte, conforme mostra o Quadro 4.





**QUADRO 4** – Estimativa de potencial de água de reúso de efluente tratado de esgoto doméstico para fins industriais e participação da indústria no contexto nacional (baseado no total de custos operacionais)

Região	% de potencial de reúso sobre os 12,81 m <sup>3</sup> /s estimados	% do total de custo operacional na indústria nacional
Norte	0,1%	5,49%
Nordeste	14,05%	10,62%
Sudeste	54,64%	52,84%
Sul	19,51%	22,37%
Centro-Oeste	11,70%	8,31%

Fonte: SNS, 2018; IBGE, 2017. Elaborado por GO Associados.

Em 2017, a Confederação Nacional da Indústria (CNI) elaborou um estudo-piloto, no qual validou a metodologia para análise do potencial do uso de efluentes tratados para abastecimento industrial, considerando a região metropolitana de São Paulo. Nesse estudo, além de avaliar a oferta e a demanda, foram realizadas modelagens de Capex e Opex, observando cenários plurais e considerando variáveis como a vazão produzida, a linha de distribuição (adutora) e o reservatório. O estudo foi replicado e obteve-se a avaliação de oferta e demanda para reúso industrial nos Estados do Ceará, do Rio Grande do Norte, de Pernambuco, da Paraíba, do Rio de Janeiro, do Espírito Santo e do Maranhão, mas a modelagem de Capex e Opex só foi regionalizada para este último.

No estudo foi identificado que questões geográficas, relativas à distância entre as unidades industriais e as estações de tratamento, e topográficas, relativas a trechos de recalque ou de fluxo por gravidade, influenciaram os valores finais. A vazão máxima e o diâmetro da linha de distribuição também foram contemplados. Note-se que há economias de escala com uma diminuição do valor do m<sup>3</sup> de água de reúso produzida com o aumento da vazão. Dessa forma, sugere-se a possibilidade de diversas indústrias em um mesmo polo ou distrito se unirem para viabilizar projetos de porte maior e diminuir custos em R\$/m<sup>3</sup> para todos os empreendimentos.

O resultado do Capex/Opex do estudo está exposto no Quadro 5. Os dados correspondem à Região Metropolitana de São Paulo, citados em estudo da CNI (2017).



**QUADRO 5** – Cenários de Capex/Opex de projetos DE reúso de efluente tratado de esgoto doméstico para fins industriais

Cenário (l/s)	Linha de distribuição			Reservatório de distribuição (m <sup>3</sup> )	Capex (R\$)	Opex (R\$/ano)	Custo (R\$/m <sup>3</sup> )
	Trecho de recalque (km)	Trecho por gravidade	Comprimento total (km)				
50	4	5	9	500	11.670.950	1.095.265	2,283
	8		13		14.579.468		
100	4	5	9	1000	16.579.354	2.199.339	1,866
	8		13		20.112.581		
200	4	5	9	1500	25.808.257	4.109.659	1,586
	8		13		31.973.075		
500	4	5	9	2000	44.991.535	10.468.610	1,357
	8		13		53.132.787		

Fonte: CNI, 2017.

Ressalte-se que o Quadro 5 apresenta uma realidade específica de um projeto situado na RMS, podendo haver outras variáveis a serem contempladas em ocasião da implementação de projeto semelhante em outras regiões do país. A estimativa é sujeita a variações significativas, dependendo do modelo de negócio a ser firmado entre as partes. As alternativas tecnológicas relativas ao reúso de efluente tratado de esgoto doméstico e ao processo de tratamento complementar em ETEs impactam da mesma forma, a depender dos parâmetros de qualidade da água de reúso a ser alcançada para o uso final.

Dessa forma, na Seção 4 é realizado um levantamento de alternativas tecnológicas e de custos relativos a uma planta de reúso de efluentes tratados de esgoto doméstico e do respectivo Capex/Opex que pudesse ser aplicado em escala nacional. Tais valores serão utilizados para aplicação da Metodologia da Matriz Insumo Produto (MIP), a fim de estimar os impactos na economia como um todo.

## ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA DOS INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS

O objetivo desta seção é analisar o volume de investimentos necessários para atingir o potencial de reúso de efluente tratado de esgoto doméstico identificado na seção anterior e decompor tais valores nos segmentos de equipamentos importados, equipamentos mecânicos de produção nacional, equipamentos elétricos de produção nacional, construção civil e serviços de montagem eletromecânica por região.

Da mesma maneira, os custos de operação serão decompostos por consumo de energia elétrica, consumo de produtos químicos e mão de obra por região.



## DEFINIÇÃO DA TECNOLOGIA

Com relação aos efluentes finais das ETEs, a legislação prevê que:

“... não poderão conferir ao corpo receptor características de qualidade em desacordo com as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e final, do seu enquadramento ...” e que, “... na ausência de metas intermediárias progressivas, os padrões de qualidade a serem obedecidos no corpo receptor são os que constam na classe na qual o corpo receptor estiver enquadrado ...” (Artigo 5º da Resolução 430/2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente).

No entanto, atualmente os efluentes finais lançados pela grande maioria das ETEs no Brasil não atende às condições e aos padrões de qualidade das águas estabelecidos na Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente. O “*Atlas Esgotos – Despoluição de Bacias Hidrográficas*”, publicado pela Agência Nacional de Águas (ANA) em 2017, indica que, das 2.657 ETEs analisadas, 259 utilizam processos com remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) inferior a 60%, 1.428 podem operar com remoção da DBO entre 60% e 80%, 839 utilizam processos que garantem remoção de DBO superior a 80% e apenas 131 unidades operam processos que, além da remoção da DBO acima de 80%, também têm como objetivo a remoção de nutrientes como nitrogênio (N) e fósforo (P). DBO elevada e N e P em concentrações maiores do que as preconizadas pela Resolução 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente não só podem comprometer os corpos receptores, como também restringem a utilização dos efluentes dessas plantas em reúso, especialmente em alguns processos industriais.

No estudo “*O Uso Racional da Água no Setor Industrial*”, publicado pela CNI em 2017, o Prof. Ivanildo Hespanhol menciona que:

“Geralmente, para que seja possível obter água no grau de qualidade exigido para um determinado uso, é necessário combinar duas ou mais técnicas de tratamento, o que só poderá ser definido com base nas características da água disponível e nos requisitos de qualidade exigidos para uso.

No caso do uso da água para fins industriais, já existe uma base de dados bastante extensa relacionada às principais tecnologias de tratamento disponíveis, assim como já existe no mercado ampla variedade de equipamentos e sistemas de tratamento de água, os quais podem produzir água com os diversos níveis de qualidade exigidos.



Entretanto é mais conveniente e pode ser muito mais econômico contratar previamente estudos de concepção, nos quais já são considerados os aspectos de conservação e reúso de água e que definam, adequadamente, quais os processos e as operações unitárias necessárias para cada caso.

Recomenda-se ainda, para grandes sistemas ou para efluentes que apresentam dificuldades para serem tratados, a elaboração de estudos de tratabilidade utilizando unidades-piloto, para determinar quais são os sistemas de tratamento mais eficientes, os respectivos parâmetros de projeto e as características e os problemas operacionais.”

Considerando o exposto e enfatizando a importância de estudos de concepção específicos, bem como de tratabilidade em alguns casos, uma solução técnica bastante adequada para o reúso industrial seria a utilização de sistemas *Membrane Bioreactor* (MBR), como complemento do tratamento secundário das ETEs, aumentando a redução da DBO e a remoção dos sólidos suspensos, em série com sistemas de Osmose Reversa (OR), para remoção de sais, elementos patogênicos e outros contaminantes específicos. Entretanto, se por um lado a utilização de sistemas combinados MBR e OR garante qualidade da água de reúso para uma grande gama de processos industriais, além dos usos mais comuns como irrigação, sanitário, construção civil e alguns processos de diluição industrial, a contrapartida para essa solução é o elevado valor de investimento aliado ao maior custo de operação, à necessidade de mão de obra mais qualificada e à sobrecarga que o tratamento da água de rejeito dos sistemas de OR (da ordem de 25% a 30% da vazão total do sistema) pode acarretar nas ETEs. Isso ocorre porque esse rejeito deve voltar ao início do tratamento e contém elevada carga de sólidos dissolvidos que, inclusive, podem prejudicar o tratamento biológico.

Uma alternativa à utilização de sistemas de MBR combinados com sistemas de OR é a utilização de sistemas de ultrafiltração (UF) após o tratamento secundário das ETEs. Essa alternativa parte do pressuposto de que a própria legislação demanda que as ETEs garantam uma redução mínima da DBO e de nutrientes (N e P) para que o lançamento final esteja adequado aos corpos receptores. A instalação de sistemas de UF após o tratamento secundário das ETEs garante a remoção de sólidos em suspensão e a eliminação de bactérias e vírus.

Apesar dessa solução não permitir a utilização do efluente tratado em várias aplicações industriais, devido à condutividade da água tratada ser mais elevada, já que sólidos e compostos orgânicos dissolvidos não são removidos pelo processo de UF, a água de reúso resultante é adequada para uso em irrigação, sanitário, construção civil, lavagem de áreas industriais e urbanas, rega de canteiros, entre outros usos. A isso se somam um investimento menor e custos de operação inferiores à solução MBR combinada com a OR. A operação de um sistema de UF também requer mão de obra qualificada, mas

este é mais robusto do que sistemas de OR, tem manutenção mais simples e o volume de água de contralavagem que retorna para a entrada das ETEs para tratamento é da ordem de 5% da vazão total do sistema. **Considerando o exposto, este estudo está baseado na utilização de sistemas de UF instalados imediatamente a jusante do tratamento secundário das ETEs.**

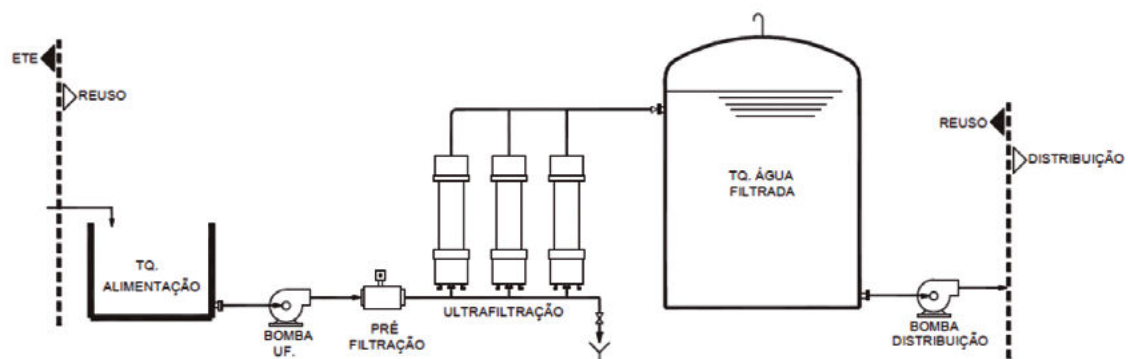
## ESTIMATIVA DO INVESTIMENTO

Em função da grande diversidade de situações nas quais a água de reúso de efluente tratado de esgoto doméstico para fins industriais é aplicável no Brasil, este estudo se baseia em uma planta de capacidade relativamente pequena, de  $0,0278 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $100 \text{ m}^3/\text{h}$ ), para estimar o investimento necessário. A partir dessa estimativa chega-se ao valor de investimento e ao custo de operação anual por unidade produzida (Exemplo: neste estudo estimar-se-á o investimento para uma planta com capacidade de  $0,0278 \text{ m}^3/\text{s}$ . Para obter o investimento necessário para produção de  $1,39 \text{ m}^3/\text{s}$ , multiplicar-se-á o valor do investimento para a planta básica pelo múltiplo entre as vazões, nesse caso, 50).

Plantas com vazões maiores poderão ter ganhos de escala tanto no investimento como na operação. Porém, caso o estudo tomasse como referência uma planta de maior capacidade, estaria subestimando os custos das pequenas plantas de reúso, que são justamente as que menos recursos têm para avaliação do investimento, correndo-se o risco de induzir pequenos investimentos ao erro.

O Quadro 6 representa os principais componentes dos sistemas de UF propostos neste estudo.

**QUADRO 6** – Componentes principais dos sistemas de UF propostos



Fonte: GO Associados.



Considerando que a MIP apresentada na Seção 5 é alimentada por valores setorizados, as estimativas de investimento para instalação (Capex) e operação (Opex) também são segmentadas.

Quanto aos equipamentos e materiais mecânicos, a estimativa de investimento para instalação (Capex) do sistema de UF considera que, inicialmente, haverá bombas de alimentação do sistema imediatamente a jusante das ETEs. Em seguida serão inseridos pré-filtros para proteção das membranas de UF (*skids* de UF) – únicos componentes importados do sistema –, um tanque em aço carbono para armazenamento da água ultrafiltrada e, finalmente, bombas centrífugas para envio desta para os consumidores.

Os sistemas auxiliares necessários para operação da UF são um tanque para preparo da solução de CIP (*Clean in Place*), bombas para circulação da solução de CIP, bombas dosadoras de ácido clorídrico e hipoclorito de sódio para preparo da solução de CIP, bombas de contralavagem alimentadas diretamente do tanque de armazenagem de água ultrafiltrada, sopradores de ar para contralavagem e bombas dosadoras de hipoclorito de sódio na água tratada enviada para os consumidores. Todas as tubulações e válvulas previstas para o sistema de UF são em aço carbono. O presente estudo considera que todos os equipamentos mecânicos rotativos operando em regime contínuo terão um equipamento reserva instalado.

Os equipamentos e os materiais elétricos e de instrumentação são previstos na estimativa de investimentos que compõe um Centro de Controle de Motores (CCM) para proteção e alimentação de todos os motores elétricos do sistema, além da iluminação da instalação, do aterramento e da proteção contra descargas elétricas. Também estão previstos instrumentos de controle como analisadores de pH, transmissores de nível e de vazão e um sistema de automação com uma interface homem-máquina local. Finalmente, estão previstos os materiais de instalação elétrica e de instrumentação como eletrodutos, caixas de passagem, cabos elétricos e luminárias.

As obras civis e de montagem previstas na estimativa de investimentos consideram algumas adaptações que podem ser necessárias nos tanques das ETEs para alimentação da UF, uma base civil simples com fundação direta, cobertura e proteção lateral metálicas para o sistema de UF e tubulação simples, sem ramais, em PEAD (polietileno de alta densidade), com 10 quilômetros de extensão e diâmetro adequado à vazão, além dos serviços de montagem eletromecânica, comissionamento e testes.



O Quadro 7 apresenta os investimentos estimados mencionados, decompostos em equipamentos importados, equipamentos mecânicos de produção nacional, equipamentos elétricos de produção nacional, construção civil e serviços de montagem eletromecânica.

#### QUADRO 7 – Investimentos de uma planta-padrão<sup>5</sup>

Investimentos para uma planta de 0,0278 m <sup>3</sup> /s	R\$ MIL	US\$ MIL
Membranas ultrafiltração (importadas)	374,4	80
Equipamentos mecânicos nacionais	1.340	
Equipamentos elétricos e de instrumentação nacionais	470	
Obras civis	1.630	
Serviços de montagem eletromecânica	280	
<b>Total</b>	<b>4.094</b>	<b>80</b>

Fonte e elaboração: GO Associados.

## ESTIMATIVA DO CONSUMO

A estimativa dos custos de operação (Opex) é obtida seguindo o mesmo raciocínio do investimento. São avaliados os custos de operação de uma planta de 0,0278 m<sup>3</sup>/s de capacidade e os valores de consumo desta são utilizados como referência para as plantas de capacidades diferentes. Vale ressaltar que, nesse caso, o consumo de energia elétrica tem relação direta com o volume de água tratada e, conseqüentemente, não há ganho de escala, exceto pela maior eficiência de motores elétricos de maior potência. A mesma relação direta com o volume de água tratada é observada no consumo de produtos químicos. Já o custo de mão de obra é fortemente influenciado pela escala, já que, devido à automação e à capacidade dos equipamentos, a mesma equipe de profissionais estimada neste estudo pode operar plantas de qualquer capacidade.

Os custos de operação serão decompostos no Quadro 8 por insumos (energia elétrica e produtos químicos) e mão de obra. O consumo de energia elétrica será estimado a partir da potência elétrica total instalada versus o regime de carga previsto para esses motores. O consumo de produtos químicos tem relação direta com a vazão de água tratada. Já para a mão de obra serão utilizadas referências disponíveis para uma equipe de, aproximadamente, três operadores por turno em regime contínuo.

<sup>5</sup> Câmbio utilizado: R\$ 4,68/US\$.



### QUADRO 8 – Consumo de uma planta-padrão (R\$ mil)

Consumo anual de uma planta de 0,0278 m <sup>3</sup> /s	N	NE	CO	SE	S	BR
Energia elétrica	410	400	380	390	360	380
Produtos químicos	50	50	50	50	50	50
Mão de obra	620	620	620	620	620	620
<b>Total</b>	<b>1.080</b>	<b>1.070</b>	<b>1.050</b>	<b>1.060</b>	<b>1.030</b>	<b>1.050</b>

Observação: A coluna "BR" utiliza a tarifa de energia elétrica média nacional.

Fonte e elaboração: GO Associados.

## INVESTIMENTO POR REGIÃO

Uma vez obtida a estimativa de investimento para uma planta-padrão, este estudo utilizará os dados da Estimativa do Potencial de Reúso (m<sup>3</sup>/s), apresentados no Quadro 3, de modo a avaliar o investimento necessário para atingir o potencial de reúso das cinco regiões do país, conforme apresentado no Quadro 9.

### QUADRO 9 – Potencial de Investimento por região (R\$ mil)

Investimento por região	N	NE	CO	SE	S	BR
Potencial de reúso [m <sup>3</sup> /s]	<b>0,01</b>	<b>1,8</b>	<b>1,5</b>	<b>7,0</b>	<b>2,5</b>	<b>12,8</b>
Membranas ultrafiltração	133	23.951	19.951	93.142	33.265	170.450
Equipamentos mecânicos	500	86.700	72.200	337.100	120.400	616.900
Equipamentos elétricos e instr.	200	30.300	25.200	117.800	42.100	215.600
Obras civis	600	105.300	87.700	409.400	146.200	749.200
Serviços de montagem	100	18.300	15.200	71.000	25.400	130.000
<b>Total</b>	<b>1.553</b>	<b>264.551</b>	<b>220.259</b>	<b>1.028.442</b>	<b>367.365</b>	<b>1.882.150</b>

Fonte e elaboração: GO Associados.

## CONSUMO POR REGIÃO

Da mesma maneira como feito para o investimento, uma vez obtida a estimativa de custos para operação de uma planta-padrão, este estudo utilizará os dados da Estimativa do Potencial de Reúso (m<sup>3</sup>/s), apresentados no Quadro 3, de modo a avaliar o consumo anual necessário para atingir o potencial de água de reúso de efluente tratado de esgoto doméstico para fins industriais das cinco regiões do país, conforme apresentado no Quadro 10.



**QUADRO 10** – Potencial de Consumo anual por região (R\$ mil)

Consumo por região	N	NE	CO	SE	S	BR
Potencial de reúso [m³/s]	<b>0,01</b>	<b>1,8</b>	<b>1,5</b>	<b>7,0</b>	<b>2,5</b>	<b>12,8</b>
Energia elétrica	147	25.800	20.300	98.800	32.600	174.600
Produtos químicos	18	3.200	2.700	12.500	4.500	22.900
Mão de obra	220	40.300	33.600	156.700	56.000	286.700
<b>Total</b>	<b>385</b>	<b>69.300</b>	<b>56.600</b>	<b>268.000</b>	<b>93.100</b>	<b>484.200</b>

**Observação:** A coluna "BR" utiliza a tarifa de energia elétrica média nacional.

**Fonte e elaboração:** GO Associados.

## AVALIAÇÃO DO IMPACTO MACROECONÔMICO

O objetivo desta seção é avaliar os impactos direto e indireto dos investimentos analisados na Seção 4 sobre a produção, o emprego e a arrecadação de impostos. Para tal estimativa é utilizada a Metodologia da Matriz Insumo-Produto do IBGE.

### METODOLOGIA DA MIP-IBGE

A MIP é uma representação matricial das interdependências entre os diferentes setores da economia que permite medir o impacto global do aumento da produção num determinado setor.

A metodologia de insumo-produto considera que a economia constitui um sistema integrado de diversos setores interdependentes. Assim, os impactos sofridos por um setor influenciam os demais setores em maior ou menor grau, dependendo da importância relativa de suas relações na economia.

Esse sistema de interdependência foi desenvolvido pelo economista Wassily Leontief por meio de uma tabela de insumo-produto (Guilhoto, 2011). Os setores da economia compram e vendem uns para os outros e, em geral, um determinado setor interage com alguns outros apenas. A metodologia desenvolvida pelo autor aponta de que forma as diferentes atividades se interligam direta ou indiretamente, caracterizando o equilíbrio entre a oferta e a demanda na economia.

Em um sistema econômico, a parcela da produção total utilizada por outros setores produtivos é denominada consumo intermediário. A produção que é consumida pelas famílias, pelo governo, pelos investimentos ou exportada representa a demanda final. Tais componentes constituem a demanda total (Quadro 11).



**QUADRO 11** – Estrutura básica de uma matriz insumo-produto (MIP)

	SETORES DE DESTINO		
SETORES DE ORIGEM	CONSUMO INTERMEDIÁRIO (MATRIZ Z)	DEMANDA FINAL (Y)	PRODUÇÃO TOTAL (X)
	IMPORTAÇÃO (I)		
	IMPOSTOS INDIRETOS LÍQUIDOS (IIL)		
	VALOR ADICIONADO (W)		
	PRODUÇÃO TOTAL (X <sup>T</sup> )		

Fonte: HIRATUKA, et al (2009).

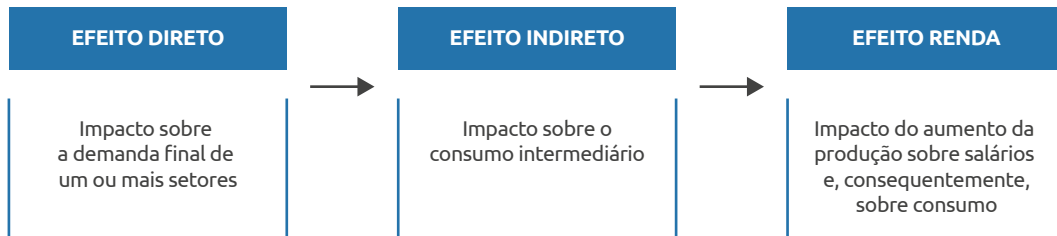
A estrutura de oferta e demanda de uma economia, dada pelas compras e vendas inter-setoriais, foi caracterizada por Leontief (1988) em uma matriz. Nas colunas estão representadas as compras dos setores e todo o seu processo produtivo. Nas linhas da matriz, por sua vez, constam as vendas e a estrutura de demanda (consumo intermediário e final).

Intuitivamente, a metodologia desenvolvida por Leontief considera que um aumento na produção de um determinado setor, decorrente, por exemplo, de um choque em sua demanda final, estimula a produção de outros setores para fazer frente àquele aumento. Assim, setores fornecedores de insumos vão produzir mais para atender a essa demanda nova, de modo que um choque positivo gera um efeito maior do que o choque inicial. O contrário pode acontecer, caso a produção de um determinado setor seja reduzida.

O efeito total resultante da situação descrita pode ser decomposto em três:

- i) efeito direto, que corresponde ao choque inicial aplicado;
- ii) efeito indireto, que é representado pelo impacto do choque inicial sobre as variáveis dos setores acionados; e
- iii) efeito renda, decorrente dos impactos do choque inicial sobre os rendimentos do trabalho e, por conseguinte, sobre o consumo das famílias (Quadro 12).

**QUADRO 12** – Esquema de avaliação de impacto proveniente de um choque sobre um dado setor da economia



Fonte: GUILHOTO, Joaquim José Martins. *Análise de Insumo-Produto: Teoria e Fundamentos* (2011). Elaboração: GO Associados.

Especificamente em relação aos impostos calculados na MIP, são abrangidos pela metodologia imposto sobre importação, ICMS sobre produtos nacionais, ICMS sobre produtos importados, IPI/ISS sobre produtos nacionais e IPI/ISS sobre produtos importados. Dessa forma, os impostos e as contribuições de competência da União que não entram na metodologia da MIP estão ilustrados no Quadro 13.

**QUADRO 13** – Impostos e contribuições não inclusos na mip

Os impostos de competência da União que estão faltando na MIP:	As contribuições de competência da União que estão faltando na MIP:
Imposto de Exportação (IE)	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS)
Imposto sobre Operações Financeiras (IOF)	Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL)
Imposto de Renda Pessoa Jurídica (IRPJ)	Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (CIDE)
Imposto de Renda Pessoa Física (IRPF)	Instituto Nacional da Seguridade Nacional (INSS)
Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR)	Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS)
	Programa de Integração Social e Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PIS/PASEP)

Fonte: Guilhoto, 2011. Elaboração e análise: GO Associados.

O Quadro 14 sintetiza os parâmetros analisados pela MIP-IBGE.



#### QUADRO 14 – Parâmetros analisados pela MIP



A receita do governo é obtida através do pagamento de impostos pelas empresas e pelos indivíduos



O multiplicador de produção indica o quanto se produz para cada unidade monetária gasta no consumo final



O multiplicador de empregos indica a quantidade de empregos criados, direta e indiretamente, para cada emprego direto criado



A renda da economia é gerada através da remuneração do trabalho, do capital e da terra agrícola

- Imposto sobre importação (II)
- ICMS sobre produtos nacionais
- ICMS sobre produtos importados
- IPI/ISS sobre produtos nacionais
- IPI/ISS sobre produtos importados

Fonte: Guilhoto, 2011. Elaboração e análise: GO Associados.

## EFEITOS ESTIMADOS DA REALIZAÇÃO DE INVESTIMENTOS EM REÚSO DE EFLUENTE TRATADO DE ESGOTO DOMÉSTICO PARA FINS INDUSTRIAIS

Para realizar as estimativas dos efeitos dos investimentos para o setor de água de reúso de efluente tratado de esgoto doméstico para fins industriais, foi considerado que os investimentos realizados no setor impactam diretamente os setores (i) de máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos, e (ii) da construção. Ambos os setores têm multiplicadores de valor agregado elevados, acima de 3, bem como impactos consideráveis em termos de ocupação e renda (Quadro 15).

#### QUADRO 15 – Multiplicadores de impactos

Multiplicadores		Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos	Construção
Valor agregado	Direto	1,000	1,000
	Indireto	1,280	0,811
	Efeito-renda	1,608	1,253
	<b>Total</b>	<b>3,888</b>	<b>3,064</b>
Ocupações	Direto	6,631	24,134
	Indireto	15,654	11,185
	Efeito-renda	30,430	23,716
	<b>Total</b>	<b>52,715</b>	<b>59,035</b>
Salários	Direto	0,176	0,176
	Indireto	0,206	0,132
	Efeito-renda	0,272	0,212
	<b>Total</b>	<b>0,654</b>	<b>0,519</b>
Impostos	<b>Total</b>	<b>0,347</b>	<b>0,200</b>

Fonte: MIP/IBGE. Elaboração e análise: GO Associados.



A partir desses multiplicadores, e considerando que o valor do investimento é dividido em R\$ 1,002 bilhão para a aquisição de máquinas e equipamentos e R\$ 888 milhões para a construção da obra, totalizando R\$ 1,89 bilhão (conforme apresentado no Quadro 16), calcula-se os impactos na economia como um todo.

Do montante de R\$ 1,002 bilhão para a compra de máquinas e equipamentos, 83% são destinados à aquisição de produto nacional, sendo o restante gasto com produtos importados. As importações não são consideradas na análise pela metodologia da MIP do IBGE do ano de 2015, visto que não contribuem para o aquecimento da economia nacional.

**QUADRO 16** – Investimentos para expansão do reúso de efluente tratado de esgoto doméstico pelo setor industrial

Investimentos previstos		R\$ BILHÕES
Máquinas E equipamentos		1,002
Construção		0,88
<b>Total</b>		<b>1,88</b>
Setores	Part. %	R\$ BILHÕES
Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos		<b>1,002</b>
Produto nacional	83%	0,83
Produto importado	17%	0,17
Construção		<b>0,88</b>
<b>Total nacional</b>		<b>1,71</b>

Fonte, elaboração e análise: GO Associados.

As estimativas indicam que o investimento de R\$ 1,71 bilhões pode gerar uma expansão da produção nacional (valor agregado) da ordem de R\$ 5,9 bilhões. Seriam gerados quase 96 mil empregos divididos em empregos diretos (26.730), indiretos (22.852) e efeito-renda (46.157), R\$ 999,74 milhões em massa salarial e aproximadamente R\$ 464 milhões em arrecadação de impostos (Quadro 17), sendo R\$ 36,17 milhões de IPI (imposto federal) e quase R\$ 237 milhões de ICMS (imposto estadual).

O resultado da estimativa do impacto na criação de postos de trabalho a partir do investimento considerou a existência de um sistema de reúso de efluente tratado de esgoto doméstico pelo setor industrial no Brasil.

A criação de um sistema de água de reúso de efluente tratado de esgoto doméstico para fins industriais não demanda a criação de cursos específicos para a formação de mão de obra qualificada. Destaca-se a existência de uma rede de escolas técnicas no Brasil, como o SENAI, Escolas Técnicas Estaduais e os Institutos Federais de Ensino, capaz de suprir a demanda por capacitação.



**QUADRO 17** – Efeitos da realização dos investimentos para expansão do reúso de efluente tratado de esgoto doméstico pelo setor industrial

<b>Produção (R\$ milhões)</b>	<b>Total</b>	<b>Agropecuária</b>	<b>Indústria</b>	<b>Serviços</b>
<b>Total</b>	<b>5.927,46</b>	<b>180,4</b>	<b>3.721,6</b>	<b>2.015,5</b>
Produção direta	1.710,8	0,0	1.710,8	0,0
Produção indireta	1.777,7	12,2	1.038,4	727,1
Produção efeito-renda	2.439,0	168,2	982,4	1.288,4
<b>Empregos (unidades)</b>	<b>Total</b>	<b>Agropecuária</b>	<b>Indústria</b>	<b>Serviços</b>
<b>Total</b>	<b>95.739</b>	<b>10.955</b>	<b>40.915</b>	<b>43.869</b>
Empregos diretos	26.730	0	26.730	0
Empregos indiretos	22.852	790	6.710	15.353
Empregos efeito-renda	46.157	10.166	7.476	28.516
<b>Salários (R\$ milhões)</b>	<b>Total</b>	<b>Agropecuária</b>	<b>Indústria</b>	<b>Serviços</b>
<b>Total</b>	<b>999,74</b>	<b>29,2</b>	<b>530,2</b>	<b>441,8</b>
Salários diretos	300,9	0,0	300,9	0,0
Salários indiretos	286,9	1,9	123,7	161,3
Salários efeito-renda	411,9	27,3	105,6	279,1
<b>Impostos (R\$ milhões)</b>	<b>Total</b>	<b>Agropecuária</b>	<b>Indústria</b>	<b>Serviços</b>
Impostos diretos	122,76	0,00	122,76	0,00
Impostos indiretos	126,89	0,55	93,80	32,54
Impostos efeito-renda	216,27	8,86	136,42	70,99
<b>Total</b>	<b>464,34</b>	<b>9,41</b>	<b>351,8</b>	<b>103,2</b>
ICMS direto	57,82	0,00	57,82	0,00
ICMS indireto	60,79	0,32	49,87	10,60
ICMS efeito-renda	118,48	5,22	86,21	27,04
<b>Total ICMS</b>	<b>237,09</b>	<b>5,55</b>	<b>193,91</b>	<b>37,64</b>
IPI direto	17,94	0,00	17,94	0,0000
IPI indireto	6,44	0,01	6,43	0,0017
IPI efeito-renda	11,79	0,05	11,74	0,0016
<b>Total IPI</b>	<b>36,17</b>	<b>0,06</b>	<b>36,11</b>	<b>0,0033</b>

Fonte, elaboração e análise: GO Associados.

## **SUBSTITUIÇÃO DE IMPORTAÇÃO PARA O SETOR DE ÁGUA DE REÚSO DE EFLUENTE TRATADO DE ESGOTO DOMÉSTICO PARA FINS INDUSTRIAIS E OS IMPACTOS CAUSADOS PELA PRODUÇÃO DAS MEMBRANAS NO BRASIL SOBRE EMPREGO, RENDA E IMPOSTOS**

O objetivo desta seção é apontar o volume de importação pelo Brasil de itens relevantes no processo de produção de água de reúso de efluente tratado de esgoto doméstico



para fins industriais, como membranas de nanofiltração, ultrafiltração e microfiltração<sup>6</sup>, bem como demonstrar a importância da substituição de importações no segmento e os impactos causados pela produção das membranas no Brasil sobre o emprego, a renda e os impostos.

Além disso, são apresentadas as vantagens advindas da substituição de importações para o setor industrial brasileiro e a janela de oportunidade que será aberta na produção de membranas de nanofiltração, ultrafiltração e microfiltração.

Conforme demonstrado na Seção 5, o investimento em um sistema de água de reúso de efluente tratado de esgoto doméstico para fins industriais tem efeitos multiplicadores significativos na economia nacional como um todo, impactando positivamente a geração de renda, impostos, empregos e valor agregado de produção.

No caso da produção de membranas de nanofiltração, ultrafiltração e microfiltração, existe um mercado inexplorado pelo setor industrial brasileiro, com predomínio de produtos importados. Caso a produção fosse feita no Brasil, em um contexto de aumento da produção de água de reúso de efluente tratado de esgoto doméstico para fins industriais com consequentes ganhos de escala, haveria efeitos benéficos para a economia como um todo.

A instalação do sistema de água de reúso demanda um investimento dividido entre os setores da construção e de máquinas e equipamentos. As membranas de ultrafiltração representam 17% dos gastos com aquisição de equipamentos – cerca de R\$ 170 milhões –, como apontado no Quadro 16. Tal valor é destinado ao mercado internacional, não estimulando o fluxo doméstico de geração de renda.

Entretanto, se houvesse uma fábrica no Brasil, além do estímulo econômico da instalação da fábrica, a produção da membrana, com seus efeitos multiplicadores a partir da expansão da produção do setor de máquinas e equipamentos, seria capaz de injetar, na economia nacional, quase R\$ 680 milhões em valor agregado e gerar 9.230 postos de trabalho e R\$ 114,5 milhões em massa salarial.

Com relação aos impostos, cerca de R\$ 60 milhões seriam arrecadados, sendo quase R\$ 6,2 milhões de IPI (imposto federal) e quase R\$ 35 milhões de ICMS (imposto estadual), conforme o Quadro 18.

Ressalte-se que tais números dizem respeito apenas à demanda de membranas associadas ao atendimento da produção potencial de água de reúso indicada na Seção 3. Ademais, vários outros segmentos da economia nacional seriam clientes potenciais dos produtores de membranas no país.

<sup>6</sup> Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM) - NCM 8421.99.99.



Além dessa demanda doméstica, a América Latina também é um mercado em potencial para esse segmento, pois existe a necessidade e vantagens competitivas para o Brasil, especialmente fazendo parte da união aduaneira do Mercosul<sup>7</sup>.

#### QUADRO 18 – Efeitos da produção nacional de membranas

Produção (R\$ milhões)	Total	Agropecuária	Indústria	Serviços
<b>Total</b>	<b>680,78</b>	<b>20,5</b>	<b>411,2</b>	<b>249,1</b>
Produção direta	175,1	0,0	185,4	0,0
Produção indireta	224,1	1,0	122,7	100,4
Produção efeito-renda	281,5	19,4	113,4	148,7
Empregos (unidades)	Total	Agropecuária	Indústria	Serviços
<b>Total</b>	<b>9.230</b>	<b>1.240</b>	<b>2.626</b>	<b>5.365</b>
Empregos diretos	1.161	0	1.161	0
Empregos indiretos	2.741	67	602	2.073
Empregos efeito-renda	5.328	1.174	863	3.292
Salários (R\$ milhões)	Total	Agropecuária	Indústria	Serviços
<b>Total</b>	<b>114,5</b>	<b>3,3</b>	<b>56,9</b>	<b>57,4</b>
Salários diretos	30,9	0,0	30,9	0,0
Salários indiretos	36,1	0,2	13,9	22,0
Salários efeito-renda	47,6	3,1	12,2	32,2
Impostos (R\$ milhões)	Total	Agropecuária	Indústria	Serviços
Impostos diretos	20,65	0,00	20,65	0,00
Impostos indiretos	15,13	0,05	10,45	4,64
Impostos efeito-renda	24,89	1,02	15,70	8,17
<b>Total</b>	<b>60,67</b>	<b>1,07</b>	<b>46,80</b>	<b>12,81</b>
ICMS direto	12,89	0,00	12,89	0,00
ICMS indireto	7,36	0,03	5,72	1,61
ICMS efeito-renda	14,48	0,64	10,54	3,31
<b>Total ICMS</b>	<b>34,73</b>	<b>0,67</b>	<b>29,15</b>	<b>4,91</b>
IPI direto	4,00	0,00	4,00	0,0000
IPI indireto	0,75	0,00	0,75	0,0002
IPI efeito-renda	1,44	0,01	1,43	0,0002
<b>Total IPI</b>	<b>6,19</b>	<b>0,01</b>	<b>6,18</b>	<b>0,0004</b>

Fonte, elaboração e análise: GO Associados.

<sup>7</sup> Fonte: <https://www.mercosur.int/pt-br/documentos-e-normativa/normativa/>. Acesso em 15/03/2020.





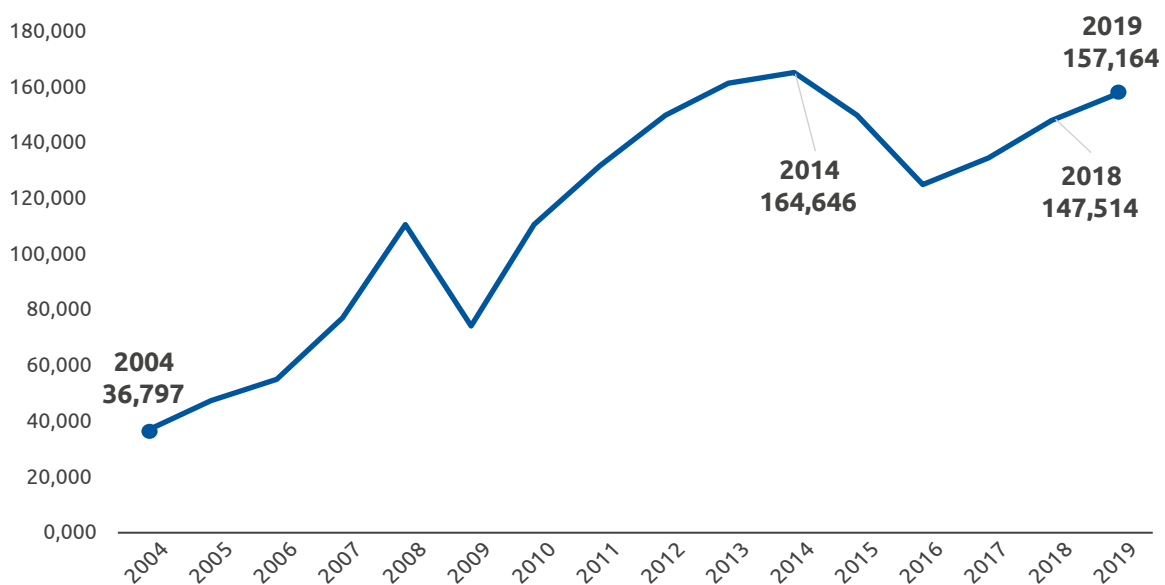
## UM NOVO PATAMAR PARA O CÂMBIO E O VOLUME DE IMPORTAÇÃO

As circunstâncias macroeconômicas atuais também sugerem uma janela de oportunidade para a substituição de importações em segmentos como o de membranas. A diminuição do diferencial de juros doméstico e internacional e a tendência de valorização do dólar frente às moedas emergentes sugerem um Real em um patamar mais depreciado, tornando o produto nacional mais competitivo vis-à-vis ao estrangeiro. Outro fator que poderia contribuir para o investimento seria uma redução na taxa de juros para o tomador final.

Os modelos de competição imperfeita no comércio internacional, desenvolvidos originalmente por Paul Krugman, demonstram que é possível gerar vantagens competitivas em mercados onde há economias de escala. As condições da produção de água de reúso podem ser propícias a empreendimentos de substituição de importações e criação de novos mercados para a indústria nacional.

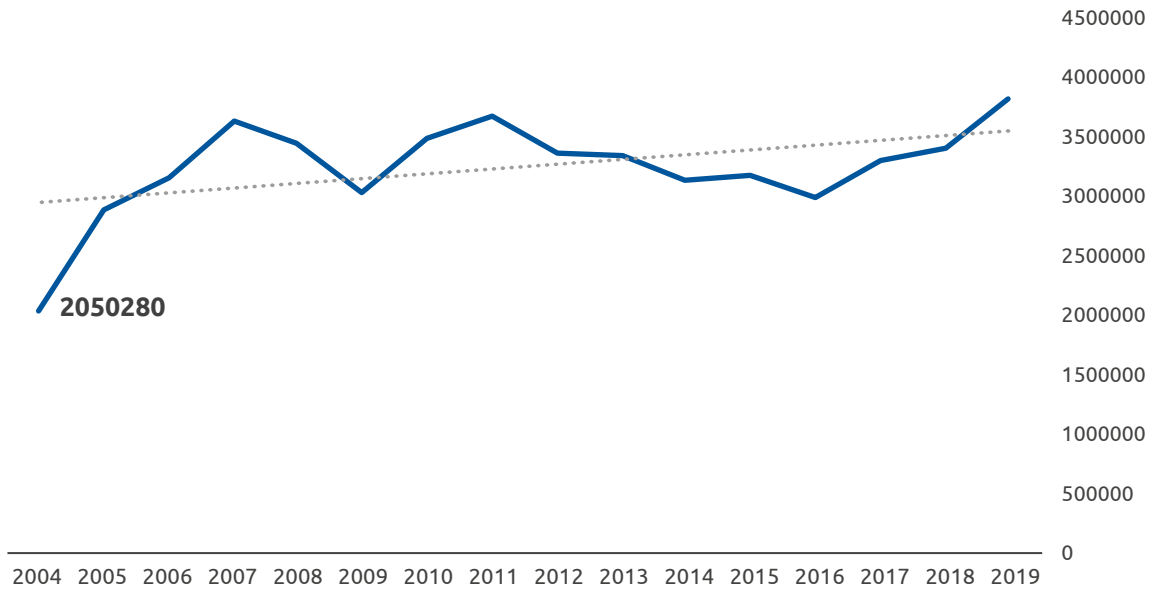
É possível observar, no Quadro 20, que o volume de importação de membranas de nanofiltração, ultrafiltração e microfiltração tem crescido nos últimos anos. A média de importação entre 2004 e 2019 foi de US\$ 114 milhões por ano, tendo crescido cerca de US\$ 10 milhões (6,8%) no ano de 2019 em relação a 2018. Esse valor poderia ser revertido em emprego, renda e impostos no Brasil, caso os aparelhos fossem produzidos localmente. Considerando o valor em quilogramas, as importações de membranas cresceram 87% entre 2004 e 2019 (Quadro 19).

**QUADRO 20** – Evolução do Valor importado da NCM 8421.99.99 (outras partes de aparelhos para filtrar, depurar líquidos etc.) – 2004 a 2019 (US\$ milhões, em valores correntes)





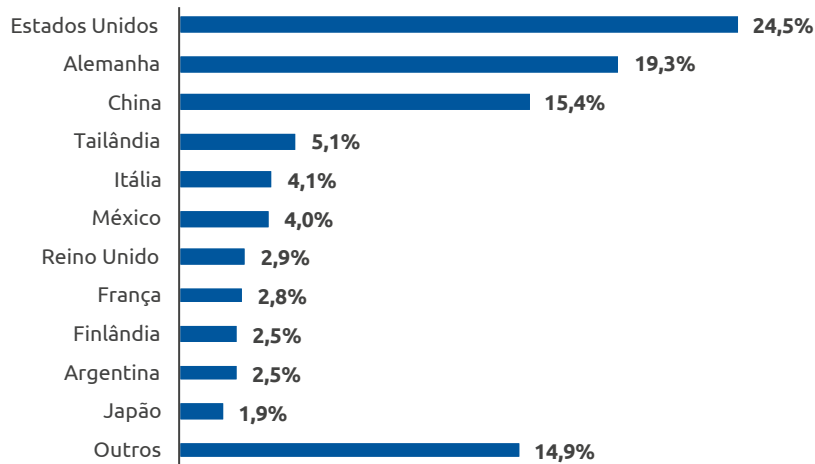
**QUADRO 19** – Evolução da importação de outras partes de aparelhos para filtrar, depurar etc. (Quilograma líquido)



Fonte: COMEXStat – Ministério da Economia e Banco Central do Brasil.

Os EUA, a China e a Alemanha são os principais países de origem das membranas de nanofiltração, ultrafiltração e microfiltração importadas pelo Brasil, conforme demonstra o Quadro 21.

**QUADRO 21** – Participação do país de origem no valor de importação nacional da NCM 8421.99.99 (outras partes de aparelhos para filtrar, depurar líquidos etc.) em 2019 (em % do valor total importado)



Fonte: COMEXStat – Ministério da Economia.

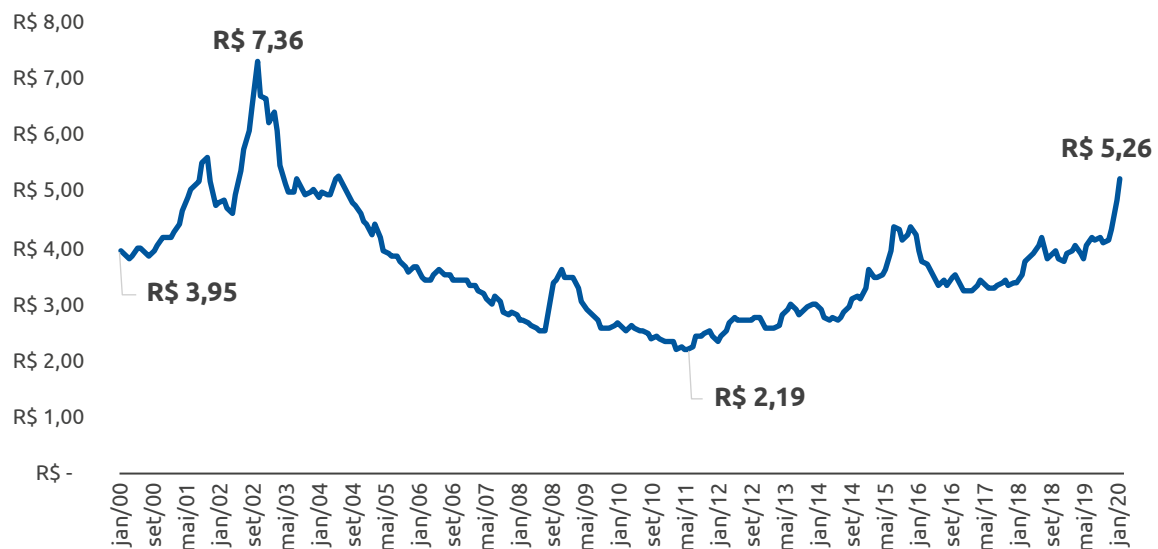


Trata-se de um investimento que demanda muito capital e, na maioria dos casos, financiamentos de longo prazo podem ser prejudicados com uma variação brusca do câmbio, como ocorreu ao longo dos últimos anos.

Segundo o cenário-base da CNI para o ano de 2020, o câmbio terá uma cotação média de R\$ 4,68/US\$ e, em dezembro, a taxa ficará em R\$ 4,48/US\$. O estabelecimento de um setor intensivo em tecnologia produzido no mercado doméstico eliminaria parte dos problemas causados pelas flutuações cambiais para a produção de água de reúso.

O Quadro 22 aponta para a tendência crescente de desvalorização do real frente ao dólar.

**QUADRO 22** – Evolução do valor do dólar atualizado pela inflação considerando a cotação média do mês



Fonte: Banco Central do Brasil e IBGE.



# CONCLUSÕES: UMA AGENDA DE PROPOSTAS

O objetivo desta seção é resumir as principais conclusões deste estudo, bem como apresentar sugestões para viabilizar e estimular a água de reúso de efluente tratado de esgoto doméstico para fins industriais no Brasil e sua cadeia de suprimento.

**A Seção 2 traz uma visão panorâmica sobre o setor de água de reúso de efluente tratado de esgoto doméstico para fins industriais.** Os seguintes pontos merecem destaque:

- i) A água de reúso de efluente tratado de esgoto doméstico atende à indústria em relação aos seguintes aspectos: reutilizar o efluente tratado de esgoto doméstico para fins não potáveis na indústria; garantir o abastecimento de água nas indústrias, mesmo durante as crises hídricas e diminuir atritos relativos aos usos múltiplos da água em uma bacia hidrográfica; trazer maior competitividade e/ou redução de custos relativos à obtenção de água; conservar os recursos hídricos e garantir sustentabilidade dos empreendimentos; atender aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) estipulados pela Organização das Nações Unidas (ONU), em especial os de números 6 (água e saneamento para todos), 9 (construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação) e 12 (assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis);
- ii) As principais técnicas contemporâneas utilizadas para o reúso são as de filtração, segmentadas em quatro tipos (microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração e osmose reversa), a depender do tamanho das partículas a serem removidas, assim como processos de oxidação como membranas (MBRs) e biofilmes (MBBRs) para redução da matéria orgânica; e





- iii) Destacam-se alguns projetos no Brasil no setor de água de reúso, como a parceria estratégica do Aquapolo entre a Sabesp e GS Inima ou a parceria, na Bahia, entre a BRK Ambiental (anteriormente CETREL) e a BRASKEM, no Polo Petroquímico de Camaçari.

**A Seção 3 mostra o potencial do mercado de água de reúso no Brasil.** Os seguintes pontos merecem destaque:

- i) Segundo a SNS (2018-A), no curto e médio prazos (entre 2023 e 2028), é estimado que o reúso de água no Brasil cresça de 10 a 15 m<sup>3</sup>/s; e
- ii) A previsão por regiões teve proporção semelhante à participação da indústria, com exceção da Região Norte, onde se verificou menor potencial de água de reúso.

**A Seção 4 estima o investimento necessário para atingir o potencial de água de reúso no país indicado na Seção 3.** A esse respeito, pode-se afirmar que:

- i) Em função da grande diversidade de situações nas quais a água de efluente tratado de esgoto doméstico para fins industriais é aplicável no Brasil, partiu-se de uma planta de capacidade relativamente pequena, de 0,0278 m<sup>3</sup>/s (100 m<sup>3</sup>/h) para estimar o investimento necessário. A partir dessa estimativa, chegou-se ao valor de investimento e ao custo de operação anual por unidade produzida; e
- ii) O investimento necessário para o desenvolvimento do sistema de água de efluente tratado de esgoto doméstico para fins industriais no Brasil pode ser dividido da seguinte forma: US\$ 36<sup>8</sup> milhões em membranas de ultrafiltração importada, R\$ 617 milhões em equipamentos mecânicos nacionais, R\$ 215,5 milhões em equipamentos elétricos e instrumentos nacionais, R\$ 749,3 milhões em obras civis e R\$ 130 milhões em serviços de montagem eletromecânica.

**A Seção 5 contém o cálculo do impacto desse investimento estimado na Seção 4 sobre a economia mediante a utilização da Matriz Insumo-Produto (MIP).** Concluiu-se que:

- i) o valor de investimento necessário para atingir o potencial de produção é de aproximadamente R\$ 1,89 bilhão, dividido em R\$ 1,002 bilhão para a aquisição de máquinas e equipamentos e R\$ 888 milhões para a construção da obra; e
- ii) Deduzindo as importações, chegou-se a um investimento de R\$ 1,71 bilhões. Efetuando-se a MIP, obtém-se uma expansão da produção nacional (valor agregado) da ordem de quase R\$ 6,0 bilhões, geração de quase 96 mil de empregos e R\$ 999,74 milhões em massa salarial, além de R\$ 464 milhões em arrecadação

8 Câmbio utilizado: R\$ 4,68/US\$.



de impostos, sendo R\$ 36,17 milhões de IPI (imposto federal) e quase R\$ 237 milhões de ICMS (imposto estadual).

**A Seção 6 discute o potencial de substituição de importações e geração de oportunidades de mercado para a indústria nacional.** Nesse sentido, os seguintes pontos merecem destaque:

- i) O volume de importação de membranas de nanofiltração, ultrafiltração e microfiltração tem crescido nos últimos anos. A média de importação entre 2004 e 2019 foi de US\$ 114 milhões por ano, tendo crescido cerca de US\$ 10 milhões (6,4%) no ano de 2019 em relação a 2018;
- ii) Considerando o potencial de produção de água de reúso, há escala suficiente para justificar a produção local de alguns dos itens mais importantes;
- iii) As circunstâncias macroeconômicas atuais também sugerem uma janela de oportunidade para substituição de importações em segmentos como o de membranas. A diminuição do diferencial de juros doméstico e internacional e a tendência de valorização do dólar frente às moedas emergentes sugerem um Real em um patamar mais depreciado, tornando o produto nacional mais competitivo vis-à-vis ao estrangeiro. Outro fator que poderia contribuir para o investimento seria uma redução na taxa de juros para o tomador final; e
- iv) Se houvesse uma fábrica no Brasil, além do estímulo econômico da instalação da fábrica, a produção da membrana, com seus efeitos multiplicadores a partir da expansão da produção do setor de máquinas e equipamentos, seria capaz de injetar, na economia nacional, quase R\$ 680 milhões em valor agregado e gerar 9.230 mil postos de trabalho e R\$ 114,5 milhões em massa salarial. Com relação aos impostos, cerca de R\$ 60,67 milhões seriam arrecadados, sendo R\$ 6,19 milhões de IPI (imposto federal) e quase R\$ 35 milhões de ICMS (imposto estadual).

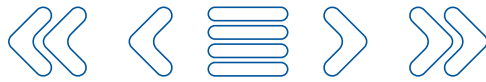
**No tocante à agenda para o estímulo ao desenvolvimento do reúso de efluente tratado de esgoto pelo setor industrial no Brasil, os resultados do estudo sugeririam 14 pontos:**

- i) O Ceará foi precursor na regulação do reúso de água para vários fins, inclusive os industriais, com a aprovação da Lei 16.033/2016. Iniciativas desse tipo podem ser reproduzidas em outros estados ou por meio de uma Resolução CONAMA, de forma a **facilitar processos de licenciamento ambiental** desses empreendimentos e dos usos que lhe forem direcionados;
- ii) As companhias de saneamento não investirão em um projeto de reúso isoladamente. Portanto, será necessário obter contrapartida e investimentos da indústria,



- além de obtenção de crédito da União e dos estados. Dessa forma, **as indústrias deverão, primeiramente, alinhar seus interesses a respeito dos efluentes de reúso e conferir as contrapartidas relativas aos custos nas ações de operação, manutenção e gestão para convencimento das companhias de saneamento;**
- iii) Em caso de dificuldades com as companhias de saneamento, vale a proposta de se **realizar planos-piloto e, uma vez que estes se apresentem viáveis, avançar para projetos de porte maior;**
  - iv) Outra possibilidade, embora distante do ideal, seria **o uso de caminhões-pipa para transporte do efluente tratado para indústrias** no entorno das estações de tratamento;
  - v) Apesar de o estudo da SNS ter apontado o potencial de reúso de somente 0,01 m<sup>3</sup>/s para a Região Norte, é possível que esse número seja maior do que o previsto, sobretudo no distrito industrial de Ananindeua (próximo a Belém do Pará) e, especialmente, no Polo Industrial da Manaus;
  - vi) Para um primeiro avanço do reúso no país, recomenda-se priorizar indústrias pesadas e de grande porte, como as petroquímicas e as siderúrgicas, por serem grandes consumidoras e estarem concentradas em poucas empresas, o que facilita a articulação. Além disso, por terem produção concentrada em poucos estabelecimentos, torna-se mais fácil a operação e o consumo do efluente de reúso;
  - vii) Dado o fato de o consumo de energia elétrica ser uma variável relevante em um projeto de reúso de água, as usinas termelétricas têm bom potencial para implementação. Ademais, pelo fato delas mesmas produzirem energia, reduz-se o custo relativo a essa variável. Além disso, caso haja unidades fabris em seu entorno, é possível pensar em projetos que as beneficiem;
  - viii) **A relevância da indústria alimentícia para o país indica a necessidade de haver uma regulação e uma linha de crédito específicas para esse setor no que tange ao reúso da água.** Incentivos fiscais, avanço na agenda para fins potáveis do reúso, unidades compactadas e unidades-piloto de tratamento para operações pontuais nas fábricas podem ser alguns dos primeiros passos para esse setor. A parceria com companhias de saneamento demandaria uma maior união entre elas e território específico para dar viabilidade a um projeto conjunto;
  - ix) **Auxiliar na articulação de unidades fabris de uma localidade (ex.: distritos industriais em articulação com as Federações das Indústrias estaduais) para que empresas de diferentes ramos se unifiquem em um projeto comum de reúso que beneficie o conjunto de empresas.** As plantas de reúso podem ser geridas por uma empresa privada, que faz o intermédio do tratamento de efluentes e a redistribuição às respectivas fábricas;





- x) Auxiliar, por meio de conhecimento técnico, na apresentação de demandas específicas para a elaboração de projetos de reúso junto ao Sebrae e ao ambiente acadêmico, de forma a desenvolver empresas no setor de equipamentos, peças e sistemas de reúso para desenvolvimento do mercado nacional;
- xi) Orientar os representantes do setor industrial nos CBHs pelo país para que se alinhem às demandas relativas ao reúso de efluentes, propondo modelos de gestão e de custeio que tragam maiores benefícios às indústrias;
- xii) Contatar indústrias que já tenham realizado projetos de reúso em suas próprias instalações e realizar um levantamento do custo médio de R\$/m<sup>3</sup>, de acordo com a vazão e a finalidade do efluente de reúso para maior dimensão de custos em projetos pelo país;
- xiii) Promover estudos específicos de mercado e fomentar a substituição de importações de máquinas e equipamentos para água de reúso; e
- xiv) Promover estímulo regional para estudar o reúso, formar associações de empresas para montarem plantas de reúso e dividirem o produto, estimular o desenvolvimento de projetos padronizados e aprimorar a legislação atual, bem como introduzir novos normativos no sentido de estimular o reúso para o conjunto da indústria, em particular a alimentícia.



# REFERÊNCIAS

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

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019: informe anual**. Brasília: ANA, 2019. *E-book*. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura-completo.bb39ac07.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2020.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Dados abertos**. Disponível em: <https://dadosabertos.bcb.gov.br/>. Acesso em: 22 jun. 2020.

BRASIL. GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. **Lei nº 16.033, de 20 de junho de 2016**. Dispõe sobre a política de reúso de água não potável no âmbito do estado do Ceará. Disponível em: <https://www2.al.ce.gov.br/legislativo/legislacao5/leis2016/16033.htm>. Acesso em: 22 jun. 2020.

BRASIL. Ministério da Economia e Banco Central do Brasil. **Comex Stat**. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>. Acesso em: 22 jun. 2020.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Sistema Nacional de Informações sobre o saneamento – SNIS. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos 2017**. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2017>. Acesso em: 22 jun. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005**. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.cnrh.gov.br/resolucoes/37-resolucao-n-54-de-28-de-novembro-de-2005/file>. Acesso em: 28 mar. 2020.

SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO. Ministério das Cidades [Atual Ministério do Desenvolvimento Regional]. **Elaboração de proposta do plano de ações para instituir uma política de reúso de efluente sanitário tratado no Brasil**: produto VII, resumo executivo. Elaborado pela CH2M. São Paulo, 2018.

SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO. Ministério das Cidades [Atual Ministério do Desenvolvimento Regional]. **Elaboração de proposta do plano de ações para instituir uma política de reúso de efluente sanitário tratado no Brasil**: produto V, modelos de investimento. Elaborado pela CH2M. São Paulo, 2018-A.



COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ. **Revista Cagece**, Fortaleza, ano 4, n. 10, (abr/jun. 2019).

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI. **A importância da indústria para o Brasil**. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/importancia-da-industria/>. Acesso em: 22 jun. 2020.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI. **Informe conjuntural**, ano 36, n. 1 (jan./mar. 2020). ISSN: 1983-621X. Brasília: CNI, 2020. Disponível em: [https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer\\_public/8e/29/8e29884e-902f-4b34-aea7-65e-13fe3bbf7/informe\\_conjuntural\\_1o\\_trimestre\\_de\\_2020.pdf](https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/8e/29/8e29884e-902f-4b34-aea7-65e-13fe3bbf7/informe_conjuntural_1o_trimestre_de_2020.pdf). Acesso em 20 maio 2020.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI. **Reúso de efluentes: metodologia para análise do potencial do uso de efluentes tratados para abastecimento industrial**. Brasília: CNI, 2017.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Reúso de efluentes: metodologia para análise do potencial do uso de efluentes tratados para abastecimento industrial**. Brasília: CNI, 2017.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS MUNICÍPIOS. **Águas no Brasil: perspectivas e desafios municipais**. Brasília: CNM, 2018.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 20 jan. 2020.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em 20 jan. 2020.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Nota técnica DPG-SPT 04/2018: panorama do refino e da petroquímica no Brasil**. Brasília: EPE, 2018. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-topico-412/NT%20Refino%20e%20Petroqu%C3%ADmica\\_2018.11.01.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-topico-412/NT%20Refino%20e%20Petroqu%C3%ADmica_2018.11.01.pdf). Acesso em 10 mar. 2020.

FERREIRA DO AMARAL, João; LOPES, João Carlos. **Análise Input-Output: teoria e aplicações**. São Paulo: Almedina. 2018.



GUILHOTO, J. J. M. e U. SESSO FILHO. Estimação da matriz insumo-produto a partir de dados preliminares das contas nacionais. **Economia Aplicada**, vol. 9, n. 2, abr./jun., p. 277-299, 2005.

GUILHOTO, J. J. M., C. R. AZZONI, S. M. ICHIHARA, D. K. KADOTA, E. A. HADDAD. **Matriz de insumo-produto do nordeste e estados**: metodologia e resultados. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2010.

GUILHOTO, J. J. M., U. A. SESSO FILHO. Estimação da matriz insumo-produto utilizando dados preliminares das contas nacionais: aplicação e análise de indicadores econômicos para o Brasil em 2005. **Revista economia & tecnologia**, Curitiba, v. 6, n. 4 (2010).

GUILHOTO, Joaquim J. M. **Análise de insumo-produto**: teoria e fundamentos. Disponível em: <http://guilhotojjmg.wordpress.com/apresentacoes-power-point/analise-de-insumo-produto-teoria-fundamentos-e-aplicacoes/>. Acesso em: 22 jun. 2020.

INSTITUTO AÇO BRASIL. Site da Internet. Disponível em: <http://www.acobrasil.org.br>. Acesso em: 10 mar. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Departamento de contas nacionais. **Matriz de insumo-produto**: Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 1997. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv6240.pdf>. Acesso em 10 maio 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Departamento de contas nacionais. Matriz de insumo-produto. **Relatórios metodológicos**, v. 18. ISSN: 0102-2843 Rio de Janeiro: IBGE, 1997. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv6240.pdf>. Acesso em 10 maio 2020.

KRUGMAN, P. R. & OBSTFELD, M. **Economia internacional**: teoria e política. 4. ed. São Paulo: Makron Books, 2001.

LEONTIEF, Wassily W. **The structure of american economy, 1919-1939**: an empirical of equilibrium analysis. New York: White Plains, 1951.

LINS, EMILIO AUGUSTO F. **Curso sobre legislação e normas para o licenciamento ambiental**. Disponível em: [https://www.mma.gov.br/estruturas/sqa\\_pnla/\\_arquivos/feema1.pdf](https://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/feema1.pdf). Acesso em: 22 jun. 2020. [S.l]: MMA, [s.d.].

MERCADO COMUM DO SUL - Mercosul. **Decisões do Conselho do Mercado Comum**. Disponível em: <https://www.mercosur.int/pt-br/documentos-e-normativa/normativa/>. Acesso em: 22 jun. 2020.



PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA. **Tratamento e recuperação de água na indústria siderúrgica**. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/tratamento-agua-industria-siderurgica/>. Acesso em: 07 maio 2020.

REVISTA TAE. São Paulo: L3 Publicidade, Propaganda e Marketing. Disponível em: <http://www.revistatae.com.br>. ISSN 2236-2614 versão *online*. Acesso em: 28 mar. 2020.

SANTOS, A. B. **Reúso de efluentes no processo de siderurgia**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, UNESP, São Paulo, 2014.

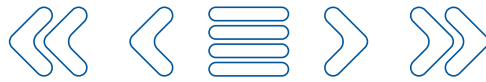
SCARLATI, Paula Regina da Silveira. **Redução do consumo de água na indústria petroquímica**. 2013. 207 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Escola de Química. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

TRATA BRASIL. **Ranking do saneamento 2019**. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/estudos/estudos-itb/itb/ranking-do-saneamento-2019>. Acesso em: 22 jun. 2020.

UGO MATTEI, John D. Haskell. **Research handbook on political economy and law**. [S.l.]: Elgar, 2015.

VAN DER LEEDEN, F.; TROISE, F.L.; TODD, D. K. **The water encyclopedia**. 2. ed. Michigan: Lewis Publishers, 1990.



**CNI**

*Robson Braga de Andrade*  
Presidente

**DIRETORIA DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS - DRI**

*Mônica Messenberg Guimarães*  
Diretora de Relações Internacionais

**Gerência Executiva de Meio Ambiente e Sustentabilidade - GEMAS**

*Davi Bomtempo*  
Gerente-Executivo de Meio Ambiente e Sustentabilidade

*José Quadrelli Neto*  
*Maria do Socorro Lima Castello Branco*  
Equipe Técnica

**DIRETORIA DE COMUNICAÇÃO - DIRCOM**

*Ana Maria Curado Matta*  
Diretora de Comunicação

**Gerência de Publicidade e Propaganda**

*Armando Uema*  
Gerente de Publicidade e Propaganda

*Walner de Oliveira*  
Produção Editorial

**DIRETORIA DE SERVIÇOS CORPORATIVOS – DSC**

*Fernando Augusto Trivellato*  
Diretor de Serviços Corporativos

**Superintendência de Administração - SUPAD**

*Maurício Vasconcelos de Carvalho*  
Superintendente Administrativo

*Jakeline Mendonça*  
Normalização

---

*GO Associados*  
*Gesner Oliveira*  
*Maurício Cavalcanti Rauh*  
*Thomas Ribeiro de Aquino Ficarelli*  
*Andréa Zaitune Curi*  
*Vicente Arouche Santos Filho*  
Autores

*Renata Portella*  
Revisão Gramatical

*Editorar Multimídia*  
Projeto Gráfico e Diagramação







 [www.cni.com.br](http://www.cni.com.br)

 [/cnibrasil](https://www.facebook.com/cnibrasil)

 [@CNI\\_br](https://twitter.com/CNI_br)

 [/cnibr](https://www.instagram.com/cnibr)

 [/cniweb](https://www.youtube.com/c/cniweb)

 [/company/cni-brasil](https://www.linkedin.com/company/cni-brasil)

ISBN 978-65-86075-04-5



9 786586 075045 >



Confederação Nacional da Indústria  
**PELO FUTURO DA INDÚSTRIA**