

REÚSO DE EFLUENTES PARA ABASTECIMENTO INDUSTRIAL: AVALIAÇÃO DA OFERTA E DA DEMANDA NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO



Confederação Nacional da Indústria
PELO FUTURO DA INDÚSTRIA

REÚSO DE EFLUENTES PARA ABASTECIMENTO INDUSTRIAL: AVALIAÇÃO DA OFERTA E DA DEMANDA NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

BRASÍLIA
2019



Confederação Nacional da Indústria
PELO FUTURO DA INDÚSTRIA

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI

Robson Braga de Andrade
Presidente

Diretoria de Desenvolvimento Industrial

Carlos Eduardo Abijaodi
Diretor

Diretoria de Comunicação

Ana Maria Curado Matta
Diretora

Diretoria de Educação e Tecnologia

Rafael Esmeraldo Lucchesi Ramacciotti
Diretor

Diretoria de Políticas e Estratégia

José Augusto Coelho Fernandes
Diretor

Diretoria de Relações Institucionais

Mônica Messenberg Guimarães
Diretora

Diretoria de Serviços Corporativos

Fernando Augusto Trivellato
Diretor

Diretoria Jurídica

Hélio José Ferreira Rocha
Diretor

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DO RIO DE JANEIRO - FIRJAN

Eduardo Eugenio Gouvêa Vieira
Presidente

Presidente do Conselho Empresarial de Meio Ambiente

Isaac Plachta

Diretor Executivo SESI/SENAI

Alexandre dos Reis

Diretor FIRJAN/IEL

João Paulo Alcantara Gomes

Diretor Internacional

Frederico Cezar de Araújo

Diretor de Relações Institucionais

Marcio Fortes

Diretora de Compliance, Auditoria e Jurídico

Gisela Pimenta Gadelha

Diretora de Produtos

Andréa Marinho

REÚSO DE EFLUENTES
PARA ABASTECIMENTO
INDUSTRIAL: AVALIAÇÃO
DA OFERTA E DA
DEMANDA NO ESTADO
DO RIO DE JANEIRO



Confederação Nacional da Indústria

PELO FUTURO DA INDÚSTRIA

© 2019. 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

C748a

Confederação Nacional da Indústria.

Reúso de Efluentes para Abastecimento Industrial: Avaliação da Oferta e da Demanda no Estado do Rio de Janeiro / Confederação Nacional da Indústria. – Brasília: CNI, 2019.

105 p. : il.

ISBN 978-85-7957-230-2

1. Reúso de Água. 2. Regulamentação. 3. Sustentabilidade I. Título.

CDU: 628.1

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

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – FLUXOGRAMA DE CRITÉRIOS PARA DETERMINAÇÃO DE QR (VAZÃO DE REFERÊNCIA) DAS ETES	31
FIGURA 2 – MAPA COM OUTORGAS INDUSTRIAIS POR CONCEDENTE (ANA E INEA)	44
FIGURA 3 – MAPA COM OUTORGAS INDUSTRIAIS POR FAIXA DE VAZÃO (ANA E INEA)	44
FIGURA 4 – MAPA COM OUTORGAS INDUSTRIAIS POR TIPO DE MANANCIAL	45
FIGURA 5 – MAPA COM OUTORGAS INDUSTRIAIS POR FAIXA DE VAZÃO E TOTALIZAÇÃO POR MUNICÍPIO	47
FIGURA 6 – MAPA DAS ETES EXISTENTES POR FAIXA DE VAZÃO	51
FIGURA 7 – MAPA DAS ETES POR PROCESSO DE TRATAMENTO	52
FIGURA 8 – MAPA DAS ETES POR PROCESSO ADOTADO E ÍNDICE DE ATENDIMENTO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS REFERIDO À ÁGUA CONSUMIDA	53
FIGURA 9 – MAPA DO NÚMERO DE EMPREGOS INDUSTRIAIS E PIB INDUSTRIAL POR MUNICÍPIO	58
FIGURA 10 – MAPA COM RAIO DE 10 KM EM TORNO DAS ETES EXISTENTES E OUTORGAS INDUSTRIAIS POR VAZÃO	61
FIGURA 11 – MAPA COM AS 20 PRINCIPAIS ETES EM TERMOS DE QR E DE QOUT E ÍNDICE DE ATENDIMENTO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS REFERIDO À ÁGUA CONSUMIDA	62
FIGURA 12 – MAPA COM AS 20 PRINCIPAIS ETES EM TERMOS DE QR E DE QOUT E BALANÇO HÍDRICO QUANTITATIVO	63
FIGURA 13 – MAPA COM AS 20 PRINCIPAIS ETES EM TERMOS DE QR (VAZÃO DE REFERÊNCIA), OUTORGAS INDUSTRIAIS POR FAIXA DE VAZÃO E ÍNDICE DE ATENDIMENTO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS REFERIDO À ÁGUA CONSUMIDA – PRINCIPAIS REGIÕES	66
FIGURA 14 – MAPA COM AS 20 PRINCIPAIS ETES EM TERMOS DE QR (VAZÃO DE REFERÊNCIA), OUTORGAS INDUSTRIAIS POR FAIXA DE VAZÃO E BALANÇO HÍDRICO QUANTITATIVO	66
FIGURA 15 – VINTE PRINCIPAIS ETES EM TERMOS DE QOUT (VAZÃO OUTORGADA), OUTORGAS INDUSTRIAIS POR FAIXA DE VAZÃO E ÍNDICE DE ATENDIMENTO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS REFERIDO À ÁGUA CONSUMIDA – PRINCIPAIS REGIÕES	69
FIGURA 16 – VINTE PRINCIPAIS ETES EM TERMOS DE QOUT (VAZÃO OUTORGADA), OUTORGAS INDUSTRIAIS POR FAIXA DE VAZÃO E BALANÇO HÍDRICO QUANTITATIVO	69

FIGURA 17 – MAPA COM QR E QOUT AGREGADAS POR MUNICÍPIO, OUTORGAS INDUSTRIAIS E ÍNDICE DE ATENDIMENTO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS REFERIDO À ÁGUA CONSUMIDA	70
FIGURA 18 – MAPA COM QR E QOUT AGREGADAS POR MUNICÍPIO, OUTORGAS INDUSTRIAIS E DEMANDA INDUSTRIAL POR MUNICÍPIO	71
FIGURA 19 – CUSTOS PRIMÁRIOS E MARGINAIS ASSOCIADOS AO REÚSO.....	76
TABELA 28 – CENÁRIOS PARA ESTIMATIVAS DE CUSTOS	78
TABELA 29 – DADOS DE BASE PARA ESTIMATIVA DE CAPEX EM FUNÇÃO DA VAZÃO	79
FIGURA 20 – GRÁFICO DOS CUSTOS DE CAPITAL CORRESPONDENTES À ADAPTAÇÃO DE ETES EXISTENTES PARA PRODUÇÃO DE ÁGUA DE REÚSO (R\$/M ³)	80
FIGURA 21 – GRÁFICO DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO CORRESPONDENTES À ADAPTAÇÃO DE ETES EXISTENTES PARA PRODUZIR ÁGUA DE REÚSO (R\$/M ³)	84
FIGURA 22 – GRÁFICO DOS CUSTOS ESTIMADOS RELATIVOS AO SISTEMA DE REÚSO COMPLETO	87

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – SOLICITAÇÃO DE DADOS	26
TABELA 2 – FILTRO DE DADOS – OUTORGAS DA ANA	27
TABELA 3 – AGRUPAMENTO DE PROCESSOS DE TRATAMENTO.....	30
TABELA 4 – SEÇÕES CNAE 2.0 CONTEMPLADAS NO ESTUDO	33
TABELA 5 – FONTES DE DADOS – SÍNTESE	35
TABELA 6 – PRINCIPAIS INDICADORES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E COLETA/ TRATAMENTO DE ESGOTOS DO ESTADO DE ACORDO COM SNIS 2015.....	38
TABELA 7 – FONTE DE DADOS – DEMANDAS.....	41
TABELA 8 – FILTRO DE DADOS – OUTORGAS DO INEA (ÁGUAS SUPERFICIAIS).....	41
TABELA 9 – FILTRO DE DADOS – OUTORGAS DO INEA (ÁGUAS SUBTERRÂNEAS).....	42
TABELA 10 – NÚMERO DE OUTORGAS E VAZÕES OUTORGADAS.....	43

TABELA 11 – DISTRIBUIÇÃO DAS OUTORGAS INDUSTRIAIS POR TIPO DE MANANCIAL	45
TABELA 12 – PRINCIPAIS MUNICÍPIOS EM TERMOS DE VAZÃO OUTORGADA DE CAPTAÇÃO INDUSTRIAL	46
TABELA 13 – DISTRIBUIÇÃO DAS OUTORGAS INDUSTRIAIS POR TIPO CLASSE CNAE 2.0	48
TABELA 14 – FONTE DE DADOS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS	49
TABELA 15 – ETES E VAZÕES DE COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTOS	50
TABELA 16 – ETES POR FAIXA DE VAZÃO	50
TABELA 17 – ETES POR TIPO DE PROCESSO	51
TABELA 18 – DEZ PRINCIPAIS MUNICÍPIOS EM TERMOS DE VAZÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO	53
TABELA 19 – DEZ PRINCIPAIS MUNICÍPIOS EM TERMOS DE VAZÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO POR PROCESSO	54
TABELA 20 – DEZ PRINCIPAIS ETES DO ESTADO POR MUNICÍPIO, VAZÃO E PROCESSO	55
TABELA 21 – PIB INDUSTRIAL E VARIAÇÃO (2002-2014) POR MUNICÍPIO	56
TABELA 22 – NÚMERO DE EMPREGOS INDUSTRIAIS POR MUNICÍPIO.....	56
TABELA 23 – CLASSES DA CNAE 2.0 EM NÚMEROS DE EMPREGOS	57
FIGURA 9 – MAPA DO NÚMERO DE EMPREGOS INDUSTRIAIS E PIB INDUSTRIAL POR MUNICÍPIO	58
TABELA 24 – DISTRIBUIÇÃO DE EMPREGOS POR DIVISÃO CNAE 2.0 E MUNICÍPIO	59
TABELA 25 – NÚMERO DE ETES POR FAIXA DE VAZÃO INDUSTRIAL OUTORGADA NAS PROXIMIDADES	61
TABELA 26 – ETES COM AS 20 MAIORES VAZÕES OUTORGADAS NO ENTORNO	64
TABELA 27 – ETES COM AS 20 MAIORES VAZÕES OUTORGADAS NO ENTORNO	67
TABELA 28 – CENÁRIOS PARA ESTIMATIVAS DE CUSTOS	78
TABELA 29 – DADOS DE BASE PARA ESTIMATIVA DE CAPEX EM FUNÇÃO DA VAZÃO	79
TABELA 30 – ESTIMATIVA DE CUSTOS PARA OBRAS LINEARES	82
TABELA 31 – VALORES UTILIZADOS PARA COMPOSIÇÃO DE TARIFA MÉDIA DE ENERGIA ELÉTRICA	83
TABELA 32 – DADOS DE BASE PARA ESTIMATIVA DE OPEX EM FUNÇÃO DA VAZÃO	84
TABELA 33 – CUSTOS ESTIMADOS RELATIVOS AO SISTEMA DE REÚSO COMPLETO	86
TABELA 34 – RESUMO DOS CUSTOS ESTIMADOS DE CAPEX E OPEX PARA OS CENÁRIOS PROPOSTOS	88

GLOSSÁRIO

ANA: AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

CAPEX: CUSTOS DE CAPITAL (*CAPITAL EXPENDITURES*)

CEDAE: COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS E ESGOTO (RJ)

CNAE: CADASTRO NACIONAL DE ATIVIDADES ECONÔMICAS

CNI: CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA

EPC: ESTAÇÃO DE PRÉ-CONDICIONAMENTO

ETE: ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

FIRJAN: FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

GAB: GRUPO ÁGUAS DO BRASIL

IBGE: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA

INEA: INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (RJ)

LAT: LATITUDE

LON: LONGITUDE

MTE: MINISTÉRIO DO TRABALHO

O&M: OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

OPEX: CUSTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO (*OPERATIONAL EXPENDITURES*)

PIB: PRODUTO INTERNO BRUTO

Q: VAZÃO (GERAL)

QOUT: VAZÃO OUTORGADA

QR: VAZÃO DE REFERÊNCIA

RAIS: RELAÇÃO ANUAL DE INFORMAÇÕES SOCIAIS

RJ: ESTADO DO RIO DE JANEIRO

RMRJ: REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO

SIG (GIS): SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (*GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM*)

SNIRH: SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS

SNIS: SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO

UASB: *UPFLOW ANROBIC SLUDGE BLANKET*

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	11
APRESENTAÇÃO	13
1 METODOLOGIA	25
1.1 Aspectos gerais	25
1.2 Demandas industriais	26
1.3 Ofertas de esgoto tratado	29
1.4 Indústria.....	32
1.5 Identificação de oportunidades.....	33
1.6 Fontes de dados – síntese	35
2 RIO DE JANEIRO.....	37
2.1 Caracterização geral do estado	37
2.2 Reuniões presenciais e solicitação de informações.....	40
2.3 Identificação das demandas industriais	41
2.4 Identificação das ofertas	49
2.5 Perfil da indústria	55
2.6 Oportunidades de reúso	60
2.7 Análise e comentários	71
3 CUSTOS ATRIBUÍDOS A SISTEMAS DE REÚSO	75
3.1 Considerações iniciais.....	75
3.2 Concepção do projeto genérico	77
3.3 Estimativas de Capex.....	79
3.4 Estimativas de Opex	83
3.5 Plano de negócio	85
3.6 Resultados.....	86
3.7 Resumo e comentários	87
REFERÊNCIAS	91
ANEXO A - RESULTADOS POR ETE	95
ANEXO B - RESULTADOS POR MUNICÍPIO	103

APRESENTAÇÃO

“Assegurar o acesso sustentável à água de qualidade, em quantidade adequada à manutenção dos meios de vida, ao bem-estar humano e ao desenvolvimento socioeconômico. Garantir proteção contra a poluição hídrica e os desastres relacionados à água. Preservar os ecossistemas em um clima de paz e estabilidade política”. Essa é a definição de segurança hídrica dada pela Organização das Nações Unidas (ONU), que explicita a preocupação atual com os conflitos em bacias hidrográficas nacionais e transfronteiriças.

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.

Em 2017, a CNI analisou o potencial do uso de efluentes tratados para abastecimento industrial na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), considerando que as águas servidas ou residuais podem ser transformadas em matéria-prima para a diversificação da matriz de oferta de água no setor industrial. O estudo foi realizado em parceria com o Centro Internacional de Referência em Reúso de Água da Universidade de São Paulo e com a empresa InfinityTech.

Graças à parceria, foi possível chegar a valores de oferta de efluentes em relação à demanda industrial e fazer estimativas financeiras para viabilizar a utilização desse recurso. O estudo-piloto¹ identificou o potencial de ofertas de esgoto tratado por meio das estações de tratamento localizadas na RMSP e disponibilizadas pela Companhia Estadual de Saneamento Básico (Sabesp). O levantamento da demanda de água das indústrias considerou as unidades que se encontravam na área de até 10 km² em torno das estações.

Em função da situação crítica, especialmente com a severidade da escassez de água que confirma a baixa segurança hídrica atual, decidiu-se desenvolver a segunda etapa do estudo.

¹ CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI. Reuso de efluentes: metodologia para análise do potencial do uso de efluentes tratados para abastecimento industrial. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2017/9/reuso-de-efluentes-metodologia-para-analise-do-potencial-do-uso-de-efluentes-tratados-para-abastecimento-industrial/>. Acesso em: 05 jun. 2019.

Para isso, foram selecionados os estados do Ceará, do Rio Grande do Norte, da Paraíba, de Pernambuco e do Espírito Santo. Além deles, o Rio de Janeiro se dispôs a realizar o trabalho em parceria com a CNI, prevenindo-se quanto a eventuais riscos da falta d'água.

Neste momento, temos a satisfação de apresentar os resultados obtidos no Rio de Janeiro. Com isso, esperamos contribuir para que tanto o setor industrial quanto o governo do estado possam desenvolver estratégias que promovam o acesso sustentável à água e ao desenvolvimento socioeconômico.

Boa leitura.

Confederação Nacional da Indústria

APRESENTAÇÃO

Entre os anos de 2014 e 2016, o Estado do Rio de Janeiro sofreu com uma seca sem precedentes que levou a uma significativa redução da disponibilidade hídrica. Foi a pior crise de abastecimento de água da sua história. Desde o início de 2014, o volume de água nos reservatórios diminuiu em um ritmo acelerado, situação que se normalizou apenas em 2016 com o retorno das chuvas. Semelhante cenário de escassez hídrica pode impedir o aumento da produção, afastar novos investimentos e limitar o desenvolvimento econômico do estado, o que interfere negativamente na geração de emprego e renda.

Nos últimos anos, a indústria fluminense concentrou esforços para otimizar o uso da água, promover o reúso e controlar as perdas. A adaptação à atual realidade, porém, continua a exigir investimento em tecnologias para aumentar a capacidade de resiliência e garantir o fornecimento de água.

O Mapa do Desenvolvimento do Estado do Rio de Janeiro 2016-2025, documento que reflete a visão da Firjan e de seus associados, considera o saneamento ambiental imprescindível para melhorar o ambiente de negócios. No capítulo Infraestrutura, encontra-se a proposta de criação de mecanismos para incentivar o reúso de água pela indústria (Proposta 12, Ação C), ação estratégica para o desenvolvimento sustentável do Estado do Rio de Janeiro.

Com o objetivo de levar adiante essa ação, a Firjan lança, em conjunto com a Confederação Nacional da Indústria (CNI), este estudo que indica oportunidades para desenvolvimento de projetos de reúso de água na Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

Foram identificadas as Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) com maior potencial de oferta de efluentes para fins não potáveis em indústrias e grandes aglomerados industriais com demanda por água. A partir de correlações entre as vazões das estações e as outorgas industriais, foram mapeadas áreas adequadas para investimento.

Fontes alternativas para o abastecimento de água são fundamentais para garantir sua disponibilidade no longo prazo, sobretudo para a indústria, que a utiliza como insumo em diversos processos produtivos.

Além do incentivo ao reúso de água pela indústria, a Firjan realiza outras ações, como a participação ativa nos Comitês de Bacia Hidrográfica e o apoio a iniciativas nesse contexto.


Em 2018, a Firjan aderiu à Coalizão Cidades pela Água, projeto da organização ambiental *The Nature Conservancy* (TNC) em parceria com o setor privado. O projeto visa aumentar a segurança hídrica de 12 regiões metropolitanas brasileiras por meio de investimentos em infraestrutura natural. Tanto o reúso de água para fins industriais quanto os investimentos em infraestrutura natural contribuem para evitar o risco de desabastecimento e despontam como medidas complementares na defesa de interesses da indústria. Essas ações se encontram interligadas, uma vez que o reúso reduz a pressão nos mananciais utilizados para o abastecimento.

Outra ação relevante, realizada pela Firjan no mesmo ano, foi a adesão ao Pacto Global da ONU, iniciativa que visa mobilizar as empresas a implementarem práticas de sustentabilidade voltadas para direitos humanos, trabalho, meio ambiente e combate à corrupção. O incentivo do reúso de água está fortemente alinhado ao objetivo 6: “assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos”, dentre os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Em 2019, a Firjan, em conjunto com o Ministério Público do Estado do Rio de Janeiro, a Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (Agevap) e o Comitê das Bacias Hidrográficas dos rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim, apoiou o desenvolvimento do Índice de Saúde da Água (ISA) no Guandu, coordenado pela Conservação Internacional. Trata-se de iniciativa pioneira no Brasil, fundamental para avaliar a vitalidade do ecossistema, os serviços ecossistêmicos e sua governança.

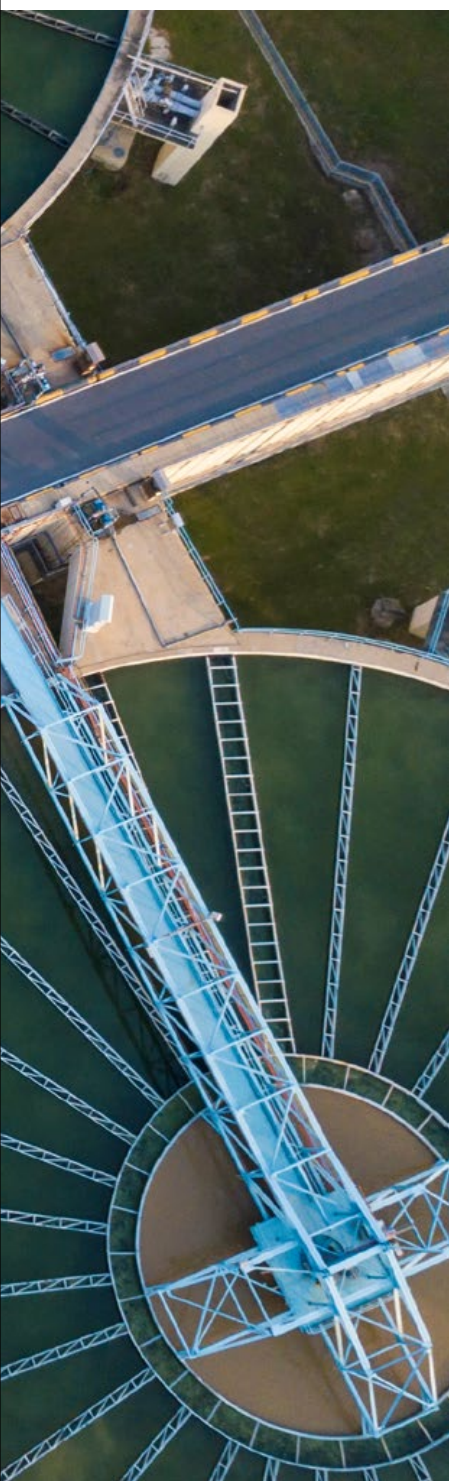
A multiplicação de processos de reúso de água no Rio de Janeiro está intrinsecamente ligada ao desenvolvimento da indústria. Para garantir a oferta de água e a preservação do meio ambiente dentro de uma perspectiva favorável ao crescimento econômico, é preciso fortalecer parcerias com empresas e instituições comprometidas com a sustentabilidade.

Boa leitura!



Ainda que muitas estações não estejam localizadas em regiões com altas demandas industriais, detectaram-se áreas em que as altas ofertas de esgoto tratado de ETEs já existentes podem abastecer futuras demandas industriais.

SUMÁRIO EXECUTIVO



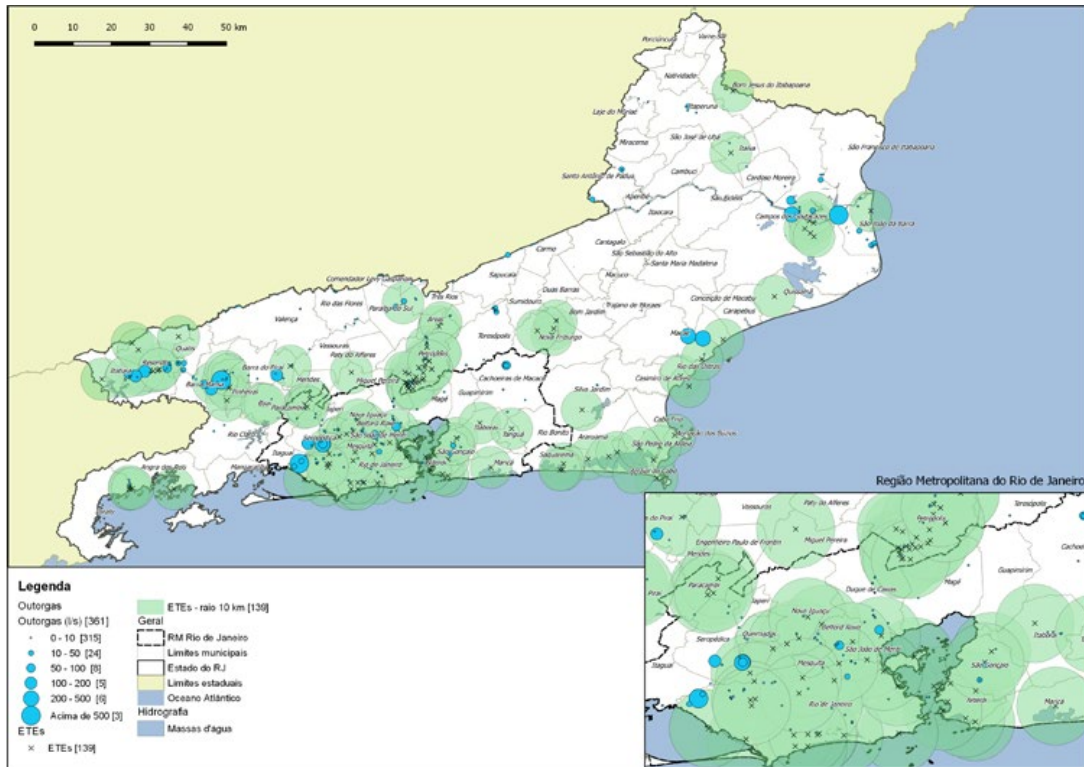
A terceira etapa do estudo “**Avaliação de lacunas e alternativas para impulsionar o reúso de água no Brasil e desafios de regulação**” contempla uma avaliação do estado do Rio de Janeiro sob a ótica de recursos hídricos, saneamento básico e demandas industriais por água.

A metodologia da identificação de oportunidades, a qual foi utilizada e refinada durante as etapas anteriores do estudo, é composta, essencialmente, por quatro etapas:

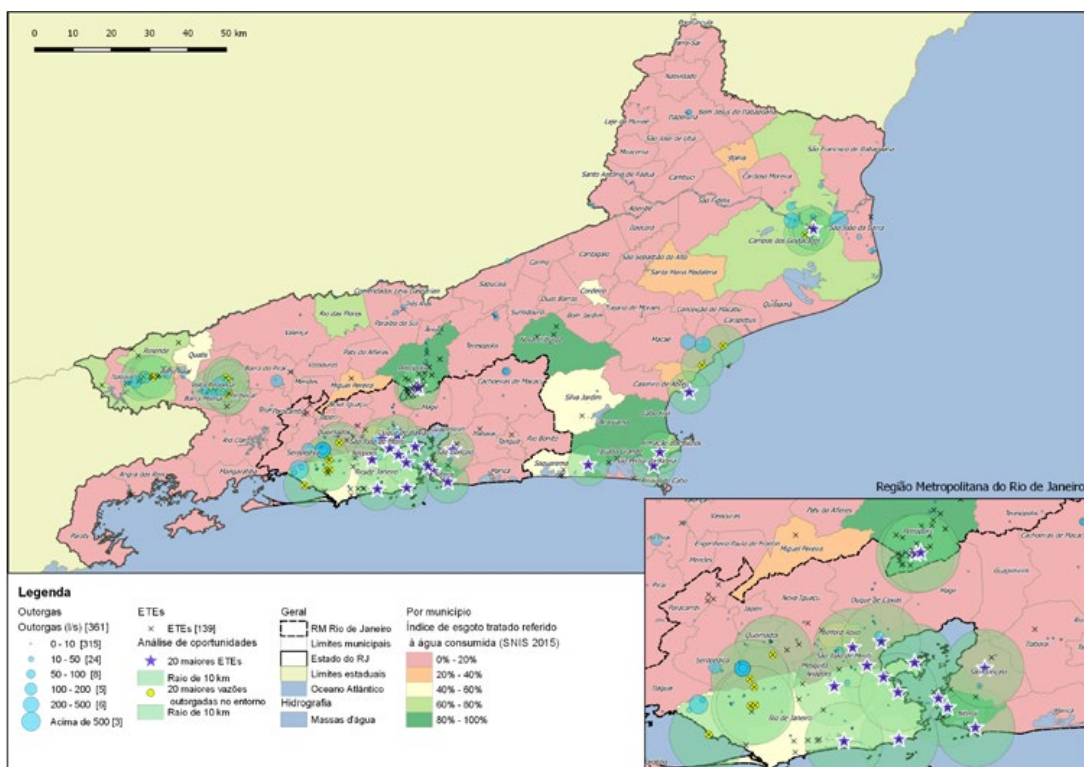
- **Identificação das demandas:** caracterização dos potenciais consumidores industriais de água de reúso, georreferenciamento e quantificação das vazões demandadas;
- **Identificação das ofertas:** caracterização quali-quantitativa dos sistemas de tratamento de esgotos já existentes e georreferenciamento das plantas;
- **Caracterização da indústria:** levantamento do perfil da indústria e sua distribuição espacial; e
- **Identificação das oportunidades:** avaliação conjunta dos dados levantados e identificação das áreas que apresentem maior viabilidade de aplicação da prática de reúso.

A partir da exportação das informações do Sistema de Informações Geográficas (SIG) elaborado, detectaram-se as potencialidades de reúso para cada uma das ETEs existentes do estado. A análise foi realizada com o objetivo de detectar as correlações entre as vazões das estações e as outorgas industriais dentro da área delimitada por um raio de 10 km em torno de cada planta. Foram analisadas todas as ETEs e, buscando-se destacar os casos mais relevantes, a averiguação foi realizada de acordo com o seguinte critério:

- Vazões outorgadas no entorno das 20 maiores ETEs do estado; e
- Vinte maiores vazões outorgadas no entorno de ETEs.



Mapa com raio de 10 km em torno das ETEs existentes e outorgas industriais por vazão.



Mapa com as 20 principais ETEs em termos de Q_e e de Q_{out} e índice de atendimento de tratamento de esgotos referido à água consumida.

Os resultados para todas as ETEs do estado, contemplando inclusive dados de coordenadas geográficas, constam no **ANEXO A – RESULTADOS POR ETE**. Adicionalmente, examinaram-se os resultados do nível municipal a partir da agregação de dados e comparação com os resultados de demanda industrial, apresentados pela ANA (ANA, 2017). Os resultados completos por município constam no **ANEXO B – RESULTADOS POR MUNICÍPIO**.

A obtenção e a análise dos dados e aplicação da metodologia permitiu caracterizar o estado do Rio de Janeiro em termos de recursos hídricos, saneamento básico e demandas industriais por água. Foram identificadas as ETEs existentes que possuem maior potencial de utilização de efluentes tratados, sob aspecto quantitativo, para abastecimento industrial não potável. Ainda que muitas estações não estejam localizadas em regiões com altas demandas industriais, detectaram-se áreas em que as altas ofertas de esgoto tratado de ETEs já existentes podem abastecer futuras demandas industriais. Ao mesmo tempo, regiões com altas demandas industriais e déficit de saneamento básico que, no futuro, podem ser objeto de planejamento casado entre infraestrutura de tratamento de esgoto e desenvolvimento industrial.

Além da detecção de oportunidades de reúso, é também apresentada de forma sintética a estimativa de custos de produção, distribuição e reservação de água de reúso já realizada na primeira etapa do estudo. A estimativa foi realizada, dentro do escopo da primeira etapa do estudo (CNI, 2017), para a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), tendo como base o panorama de saneamento local e custos da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp).

A ideia visa a apresentar cenários possíveis de infraestrutura genérica e viável a ser projetada para o fornecimento de água de reúso não potável para fins industriais, bem como estimar o Capex (custos de capital – *capital expenditures*) e Opex (custos de operação e manutenção – *operational expenditures*) associados a respectivos custos médios finais, de forma a orientar tanto os clientes consumidores (industriais) quanto

*Os resultados para todas as ETEs do estado, contemplando inclusive dados de coordenadas geográficas, constam no **ANEXO A**.*

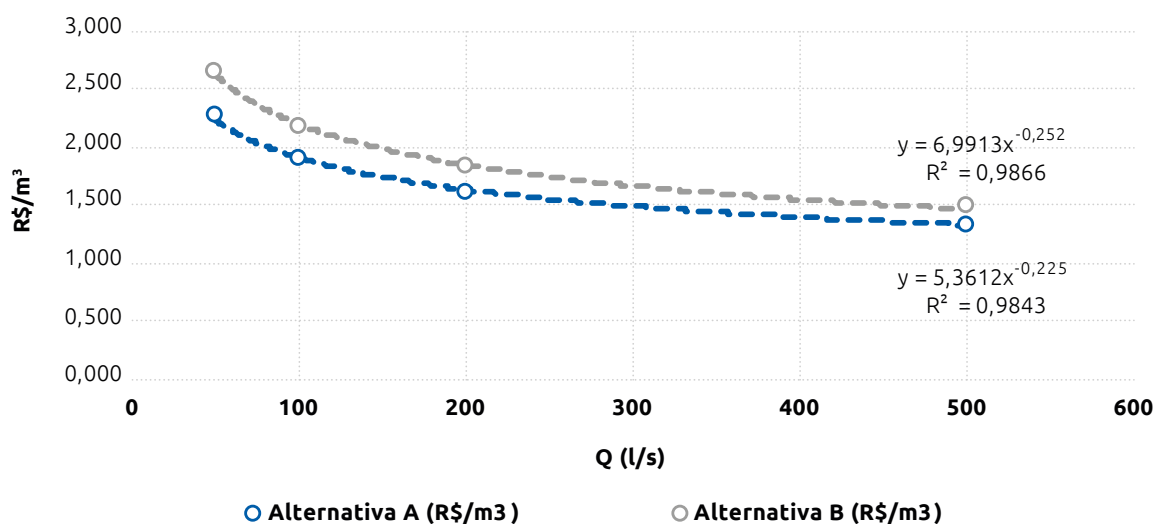
*Os resultados completos por município constam no **ANEXO B**.*

as empresas fornecedoras dos serviços de suprimento de água de reúso para viabilizar a implantação de eventuais distritos industriais nos diversos municípios, ou grupos de municípios, do Brasil.

Os custos, calculados a partir da determinação de projeto genérico de adaptação de ETEs e construção de linhas e reservatórios de distribuição, são apresentados abaixo, de acordo com os oito distintos cenários simulados, os quais variam em função da vazão da planta e das distâncias de distribuição.

Cenário (l/s)	Linha de distribuição			Reservatório de distribuição (m³)	Capex (R\$)	Opex (R\$/ano)	Custo (R\$/m³)
	Trecho de recalque (km)	Trecho por gravidade (km)	Comprimento total (km)				
50	4	5	9	500	11.670.950	1.095.265	2,283
	8		13		14.579.468	1.148.949	2,682
100	4	5	9	1000	16.579.354	2.199.339	1,866
	8		13		20.112.851	2.358.622	2,142
200	4	5	9	1500	25.808.257	4.109.659	1,586
	8		13		31.973.075	4.205.003	1,794
500	4	5	9	2000	44.991.535	10.468.610	1,357
	8		13		53.132.787	11.003.443	1,496

O gráfico que segue dispõe a correlação entre vazão (l/s) e custos totais (R\$/m³) a partir dos dados da tabela acima, bem como apresenta a curva de tendência e sua respectiva aderência (coeficiente de determinação, R²) para cada uma das alternativas.

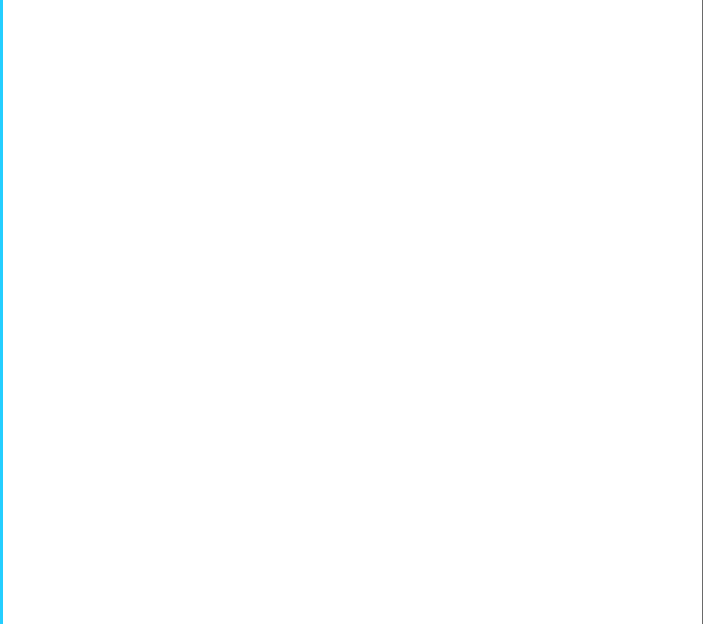


Torna-se evidente que o valor por m^3 decresce conforme aumentam as vazões tratadas, tornando sistemas de 500 l/s economicamente mais viáveis que os de 50 l/s, por exemplo. Ao mesmo tempo, o custo, assim como é esperado, aumenta significativamente com o acréscimo de distância de distribuição da água, o que pode ser observado pelo distanciamento entre as curvas das alternativas "A" e "B". As equações de curva exponenciais da correlação vazão x R\$/ m^3 podem ser utilizadas para interpolações e consequente determinação do resultado da função para valores intermediários não previstos neste estudo. A lógica aplicada poderá também ser expandida para outras vazões e considerações iniciais (distâncias, capacidades de reservação etc.), chegando-se a novas curvas e equações e, consequentemente, modelagens distintas.





A identificação das oportunidades de reúso industrial foi realizada por meio de ferramentas de geoprocessamento e análise de bancos de dados



INTRODUÇÃO




A terceira etapa do estudo “**Avaliação de lacunas e alternativas para impulsionar o reúso de água no Brasil e desafios de regulação**” contempla avaliação do estado do Rio de Janeiro sob as óticas de recursos hídricos, saneamento básico e demandas industriais por água.

Como resultado da primeira etapa, a Confederação Nacional da Indústria (CNI) lançou a publicação *Reúso de efluentes: metodologia para análise do potencial do uso de efluentes tratados para abastecimento industrial*³ (CNI, 2017), a qual sumariza os principais resultados obtidos na etapa.

Na segunda etapa, foram estudados os estados do Ceará, do Rio Grande do Norte, do Espírito Santo, de Pernambuco e da Paraíba, utilizando-se e buscando o refinamento da metodologia de identificação de oportunidades desenvolvida na primeira etapa e a identificação de oportunidades nesses estados.

A identificação das oportunidades de reúso industrial foi realizada por meio de ferramentas de geoprocessamento e análise de bancos de dados obtidos via solicitação aos principais atores estaduais e federais pertinentes, buscando-se compreender quais são, para cada uma das regiões de estudo, as principais intersecções entre demandas industriais, ofertas potenciais de água de reúso e escassez hídrica, produzindo-se material de subsídio à tomada de decisão referente ao planejamento casado nas áreas de recursos hídricos, saneamento básico e desenvolvimento industrial.

³ O documento está disponível para download no endereço: <http://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2017/9/reúso-de-efluentes-metodologia-para-analise-do-potencial-do-uso-de-efluentes-tratados-para-abastecimento-industrial/>



A methodology for identifying opportunities is composed, essentially, of four stages: **Identificação das demandas; Identificação das ofertas; Caracterização da indústria; e Identificação das oportunidades.**

1 METODOLOGIA



1.1 ASPECTOS GERAIS

O estado do Rio de Janeiro foi visitado pela equipe de consultoria em outubro de 2017. Na ocasião, ocorreu uma reunião presencial com os principais atores relevantes ao tema com o objetivo de apresentar os resultados das etapas anteriores e solicitar as informações necessárias ao prosseguimento do estudo. Em linhas gerais, foram contatados os seguintes órgãos:

- Federação estadual da indústria;
- Concessionárias de saneamento;
- Agência ou companhia responsável por concessão de outorgas de uso de água; e
- Secretaria de recursos hídricos.

A metodologia de identificação de oportunidades, a qual foi utilizada e refinada durante as etapas anteriores do estudo, é composta, essencialmente, por quatro etapas:

- **Identificação das demandas:** caracterização dos potenciais consumidores industriais de água de reúso, georreferenciamento e quantificação das vazões demandadas;
- **Identificação das ofertas:** caracterização quali-quantitativa dos sistemas de tratamento de esgotos já existentes e georreferenciamento das plantas;
- **Caracterização da indústria:** levantamento do perfil da indústria e sua distribuição espacial; e
- **Identificação das oportunidades:** avaliação conjunta dos dados levantados e identificação das áreas que apresentem maior viabilidade de aplicação da prática de reúso.

Abaixo constam os principais órgãos contatados no estado do Rio de Janeiro, a forma de solicitação de informações (se necessária) e o formato dos dados cedidos.

Tabela 1 – Solicitação de dados

Órgão	Informação requerida	Solicitação	Formato de dados
INEA	Dados de outorgas	Ofício	xls
GAB	Dados de ETes	Ofício	xls
Cedae ¹	Dados de ETes	Ofício	-

A Cedae não forneceu os dados solicitados pela consultoria.

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Uma vez que o estudo, em suas outras etapas, contempla, além do Rio de Janeiro, outros estados, fez-se necessária a homogeneização das informações, dado que os bancos de dados são substancialmente diferentes entre si e abrangem universos de informações muito distintos. Por isso, foi necessária a seleção das informações e criação de métricas únicas para estabelecimento de linguagem comum ao longo do estudo.

Há de se destacar que entre o ato da solicitação de informações e o recebimento destas, por vezes, transcorreu-se período de alguns meses, dado que nem sempre os órgãos possuíam os registros requeridos já organizados. Esse fato evidencia a importância e a dificuldade da elaboração de estudos que, como este, buscam dados primários para a realização de análises junto aos principais atores envolvidos no tema.

1.2 DEMANDAS INDUSTRIAIS

A identificação das demandas foi realizada por meio dos registros de outorgas de captação subterrâneas e superficiais concedidas por órgãos estaduais e pela ANA para o setor industrial. Frisa-se que são conhecidas as limitações da utilização de tais dados para detecção das demandas, uma vez que é comum a prática de captações ilegais (isso é, não outorgadas) principalmente de águas subterrâneas, além do fato de a vazão outorgada ser geralmente superior à de fato demandada pelo usuário. No entanto, constatadas as limitações da utilização dos registros de outorgas, a opção por sua utilização é sustentada por:

- As vazões outorgadas, por serem superiores às reais retiradas, correspondem às potenciais demandas máximas de cada usuário e região. Portanto, esse estudo, em razão de seu caráter de planejamento estratégico entre expansão/adequação da infraestrutura de saneamento básico, gestão de recursos hídricos e desenvolvimento industrial, utilizou dados de outorgas para estimativa do potencial de reuso; e

- As outorgas são instrumentos de gestão de recursos hídricos utilizados por todos os estados brasileiros (águas subterrâneas e rios estaduais) e pela União (rios federais) e apresentam informações como vazão outorgada, tipo de usuário e coordenadas geográficas de cada ponto de captação, aspectos fundamentais para o georreferenciamento dos dados e identificação, de acordo com a metodologia proposta, de oportunidades de reúso industrial.

Em relação às outorgas da ANA, foi utilizado o banco de dados disponibilizado no *site* da agência⁴, o qual contempla todas as unidades da Federação. Os dados e os filtros aplicados para seleção das informações pertinentes seguem na Tabela 2. Os filtros aplicados às outorgas estaduais (INEA) constam no **item 2.3**.

Tabela 2 – Filtro de dados – outorgas da ANA

Categoria	Universo de informações	Filtro aplicado	Utilizada?
Número do processo	-	-	N
Código CNARH	Inscrição no Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos	-	N
Declaração outorgada	-	-	N
Nome do requerente	Identificação do usuário	-	S
CPF/CNPJ	Identificação do usuário	-	N
Município	Nome do município	-	S
UF	Unidade da Federação	Rio de Janeiro	S
Corpo hídrico	Corpo hídrico de captação ou lançamento	-	N
Região hidrográfica	Região hidrográfica	-	S
Finalidade principal	Abastecimento público, aquicultura, indústria, irrigação, criação de animais e outros	Indústria	S
Tipo de interferência	Captação, lançamento, uso não consuntivo	Captação	S
Latitude	Coordenadas geográficas	-	S
Longitude	Coordenadas geográficas	-	S
Resolução	Legislação pertinente	-	N
Data de publicação	-	-	N
Data de vencimento	-	Somente vigentes	S
Categoria	Status da outorga	Todos menos revogação, suspensão, indeferido, cancelamento e uso de pouca expressão	S

4 O Banco de dados está disponível no endereço: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/institucional/SobreaAna/uorgs/sof/geout.aspx>

Categoria	Universe de informações	Filtro aplicado	Utilizada?
Volume anual	Volume anual outorgado em m ³	-	S
Método de irrigação	-	-	N
Cultura irrigada	-	-	N
Vazão (l/s)	Vazão em l/s outorgada	-	N
Dias/mês	Dias por mês em que a captação é permitida	-	N
Horas/dia	Horas por dia em que a captação é permitida	-	N
Concentração de DBO (mg/l)	Informações relativas a outorgas de lançamento	-	N
Carga máxima de DBO (kg/dia)		-	N
Q indisponível DBO (m ³ /h)		-	N
Concentração de P (mg/l)		-	N
Carga máxima de P (kg/dia)		-	N
Q indisponível P (m ³ /h)		-	N
°C		-	N
Q indisponível T (m ³ /h)		-	N
URL	<i>Link para download da resolução de concessão de outorga para cada usuário</i>	-	N
Data de extração	Data de extração dos dados	-	N

Fonte: Adaptado de ANA (2017b).

Ressalta-se que as outorgas da ANA apresentam valores de volume anual (m³) e vazões (l/s), estas com especificação de horas/dia e dias/mês para captação. Foram utilizados, para obtenção de vazão ao longo do ano, o volume anual dividido pelo número de segundos do ano (86.400 s/dia x 365 dias/ano).

Em 2017, a ANA publicou o estudo “Água na indústria: uso e coeficientes técnicos” (ANA, 2017a), a qual apresenta estimativas de vazões demandadas e consumidas pelo setor industrial por município e por classe da CNAE 2.0. Em suma, o cálculo é realizado com base em coeficientes técnicos que relacionam demanda de água por funcionário por dia aplicados aos registros de número de empregos do RAIS. Uma vez que a ANA optou pela utilização de dados de número de empregos industriais de acordo com o RAIS, o qual os apresenta agregados por município, as vazões estimadas não cumprem os objetivos deste estudo, visto que se pretende realizar análise por ponto de consumo, e não em escala municipal somente. Ainda assim, as informações da ANA serão discutidas ao decorrer do estudo quando houver pertinência.

1.3 OFERTAS DE ESGOTO TRATADO

As potenciais ofertas de esgoto foram identificadas por meio de registros de bancos de dados de Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) existentes fornecidos pela ANA e pelo Grupo Águas do Brasil. Foram principalmente analisadas as informações de processo de tratamento, vazões e localização de cada planta. A Cedae não disponibilizou os dados solicitados pela equipe de consultoria.

1.3.1 PROCESSOS DE TRATAMENTO

De modo a se homogeneizar a linguagem adotada para análise das estações de tratamento de esgotos, realizou-se agrupamento dos distintos processos registrados pelas concessionárias e pela ANA. O critério utilizado foi a semelhança de infraestrutura requerida e a qualidade do efluente final tratado. Não há dúvidas de que a qualidade dos efluentes tratados resultantes, por exemplo, de sistema australiano (lagoa anaeróbia seguida de facultativa e maturação) é diferente daquela de lagoas anaeróbias somente, ou lodos ativados com nitrificação e desnitrificação e lodos ativados convencional precedido de reator UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*). No entanto, o agrupamento tem como objetivo simplificar a categorização dos mais de 30 processos apresentados nos bancos de dados e permitir a classificação do estágio de desenvolvimento de infraestrutura de tratamento de esgotos de cada município e do estado como um todo. Adotou-se critério conforme Tabela 3, onde estão listados os agrupamentos e os principais processos contemplados.

Tabela 3 – Agrupamento de processos de tratamento

Agrupamento	Processos
Terciário	Biológico seguido de terciário físico-químico
Lodos ativados	Convencional
	Aeração prolongada
	Com nitrificação e desnitrificação
	Lodos ativados precedido de UASB
UASB + polimento	UASB + lagoas
	UASB + filtro biológico percolador
	UASB + biofiltro aerado submerso
	UASB + filtro aerado submerso
Lagoas	Aeróbia + decantação + maturação
	Aeróbia + decantação
	Anaeróbia + facultativa + maturação
	Anaeróbia + facultativa
	Facultativa + maturação
	Facultativa
	Anaeróbia
UASB	Somente reator UASB
	Reator UASB + cloração
Biossistemas	Biodigestor + filtro anaeróbio
	Biodigestor + filtro anaeróbio + <i>wetlands</i>
Fossa séptica + filtro anaeróbio	Fossa séptica + filtro anaeróbio
	Decanto-digestor + filtro anaeróbio
Preliminar/primário	Estação de pré-condicionamento
	Decantação primária
	Tanque Imhoff
Outros	Não especificados/não informados

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

1.3.2 VAZÃO DE REFERÊNCIA (Q_R)

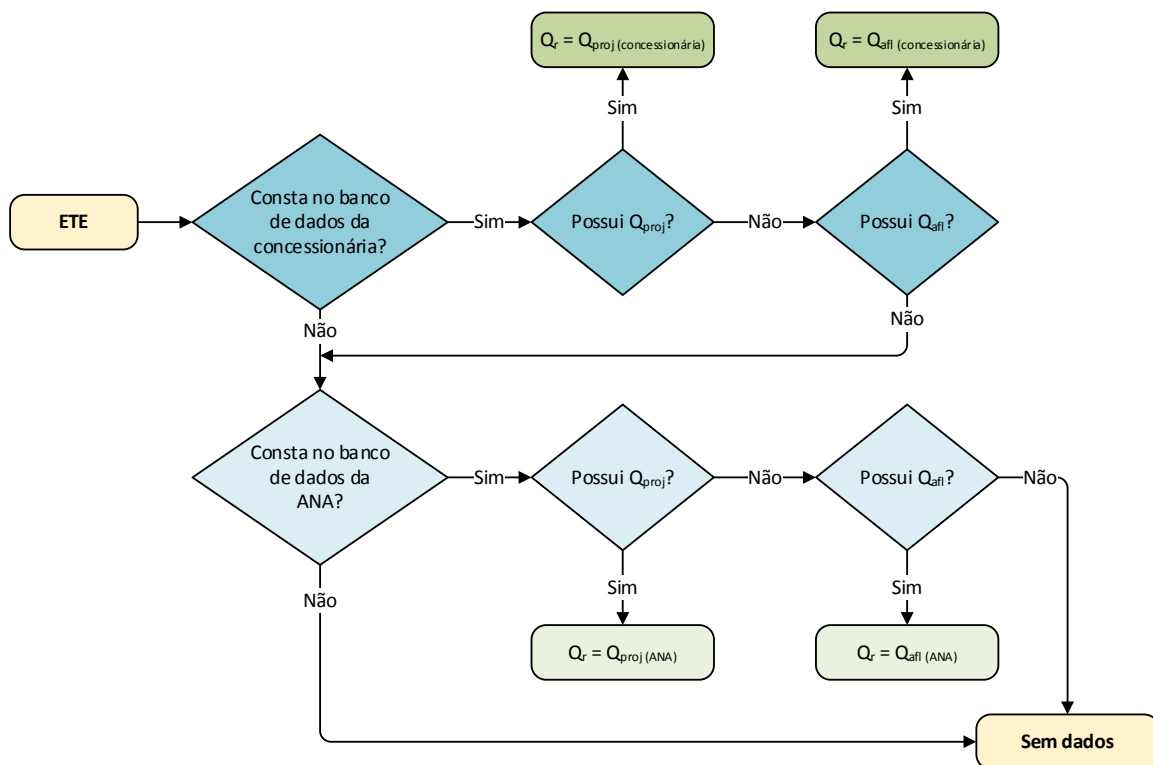
De maneira a se trabalhar com uma variável única para estimativa das ofertas de esgoto tratado, optou-se pela criação da grandeza **vazão de referência**, expressa por Q_R . Os bancos de dados apresentem tanto as vazões de projeto como as afluentes de cada planta, mas a análise mais detida dos dados revela que diversas ETEs constam com vazão de projeto nula e afluente diferente de zero, ou por vezes vazão afluente superior a de

projeto. Sendo assim, a Q_r para cada ETE foi determinada segundo os seguintes critérios:

1. Foram utilizados, prioritariamente, os dados de vazão de projeto fornecidos pela concessionária;
2. Para ETEs que constam somente no banco de dados da ANA, foram utilizadas as vazões de projeto desta;
3. Para as ETEs do banco de dados da ANA em que a vazão de projeto é nula e a afluyente é diferente de zero, $Q_r = Q_{afluyente}$; e
4. Para as ETEs listadas em ambos os bancos de dados, foram usados prioritariamente os dados da concessionária, conforme critério 1. Caso não houvesse indicação de vazão pela concessionária, foram utilizados os valores do banco de dados da ANA, conforme critério 3.

O fluxograma a seguir exemplifica os critérios acima listados.

Figura 1 – Fluxograma de critérios para determinação de Q_r (vazão de referência) das ETEs



Fonte: Fukasawa (2017).

Como a Cedae e o GAB não operam as mesmas ETEs, não é esperado que haja duplicada de dados, não sendo necessária a adoção de critério de prioridade entre as informações das concessionárias.

Optou-se pelo uso prioritário da vazão de projeto e não da afluenta pelo fato de a vazão de projeto representar as capacidades máximas de tratamento das ETEs, o que, assim como no caso das outorgas, é mais aderente ao escopo de planejamento estratégico do presente estudo.

1.3.3 COORDENADAS GEOGRÁFICAS

A utilização de dados de coordenadas seguiu critério análogo ao das vazões, com priorização de dados das concessionárias. Na indisponibilidade destes, ou para ETEs que constam somente no banco de dados da ANA, foram utilizados dados da agência.

1.4 INDÚSTRIA

A caracterização do perfil da indústria foi realizada com base em critérios de distribuição de empregos por município de acordo com as divisões da CNAE 2.0 e o PIB industrial de cada município. Buscou-se, junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a obtenção de dados de produção industrial provenientes da Pesquisa Industrial Mensal (PIM). No entanto, foi afirmado pelo Instituto que não é possível a cessão de dados desagregados (isso é, por município ou indústria), dado que são confidenciais. Por isso, optou-se por utilização de dois bancos de dados, ambos disponíveis ao público, a saber:

- Produto Interno Bruto (PIB) dos municípios, do IBGE; e
- Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), do Ministério do Trabalho.

Os dados de PIB dos municípios são disponibilizados na plataforma SIDRA⁵ (Sistema IBGE de Recuperação Automática), sendo possível a solicitação de envio de arquivos digitais das informações necessárias. Foram requeridos somente os dados referentes ao PIB total municipal (Produto Interno Bruto a preços correntes) e ao PIB industrial (Valor adicionado bruto a preços correntes da indústria), ambos expressos em R\$ 1.000. As informações são enviadas por *e-mail* em arquivo formato xls.

Os dados do RAIS foram obtidos a partir do servidor ftp de microdados⁶ do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). Em razão da quantidade de registros, as informações foram analisadas e filtradas em *softwares* específicos de banco de dados. Foram selecionados somente os dados referentes às divisões da CNAE 2.0 pertinentes e vínculos empregatícios ativos até 31/12/2015, última data disponível no registro.

O MTE também disponibiliza arquivos com resultados agregados do RAIS por estado⁷.

5 Plataforma forma SIDRA disponível no endereço: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5938>.

6 FTP de Microdados disponível no endereço: <ftp://ftp.mtps.gov.br/pdet/microdados/>.

7 Resultados agregados do RAIS disponíveis no endereço: <http://pdet.mte.gov.br/rais>.

No entanto, o nível de detalhamento das informações agregadas é distinto, não havendo caracterização por município para todas as Unidades da Federação. Adicionalmente, são apresentados somente o número de empregos industriais por seção da CNAE 2.0 (indústrias extrativas, indústrias de transformação etc.), sem detalhamento por divisão. Portanto, optou-se pela utilização dos microdados supracitados em detrimento das informações agregadas publicadas pelo Ministério do Trabalho.

Para a contabilização dos empregos industriais, foram consideradas todas as atividades das seguintes seções CNAE 2.0.

Tabela 4 – Seções CNAE 2.0 contempladas no estudo

Seção CNAE 2.0	Descrição
B	Indústrias extrativas
C	Indústrias de transformação
D	Eletricidade e gás

Fonte: Adaptado de IBGE (2017c).

1.5 IDENTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADES

Com base nas informações analisadas nos itens anteriores, as oportunidades de reúso industrial no estado foram identificadas a partir dos seguintes procedimentos:

1. Georreferenciamento das demandas por água com base nas vazões outorgadas, classificação de acordo com a tipologia da CNAE 2.0 e coordenadas geográficas;
2. Georreferenciamento das ofertas de esgoto por ETE, considerando-se a Q_r (vazão de referência), tipo de tratamento e coordenadas geográficas;
3. Georreferenciamento, por município, do índice de atendimento de esgoto de acordo com informações do SNIS 2015;
4. Delimitação de área de influência de raio de 10 km em torno das ETEs e cômputo das outorgas dentro da área; e
5. Sobreposição dos resultados de oferta de esgoto e demandas industriais a informações de índice de atendimento de tratamento de esgotos do SNIS 2015 (SNSA/MCIDADES, 2016) e balanço hídrico quantitativo (ANA, 2017d).

Para avaliação do potencial de reúso no entorno de cada ETE, foi utilizada a relação **vazão proporcional**, representada pela razão entre a vazão total outorgada dentro da área (Q_{out}) e a vazão de referência da ETE (Q_r). Valores de Q_{out}/Q_r superiores a 1, por exemplo, indicam que as demandas industriais próximas superam a vazão da planta, demonstrando importante potencial de reúso.

Foram avaliadas as ETEs mais importantes do ponto de vista de vazão de referência e vazões industriais outorgadas nas proximidades, buscando-se tanto a avaliação das demandas próximas às maiores ETEs quanto das ETEs que possuem as maiores demandas industriais em seu entorno.

Todas as análises e os produtos de geoprocessamento foram elaborados utilizando-se o *software* livre QGIS⁸ e arquivos vetoriais do banco de dados do IBGE e do Geobank para base territorial.



8 QGIS. **QGIS geographic information system**: open source geospatial foundation project. Disponível em: https://www.qgis.org/pt_BR/site/. Acesso em: 05 jun. 2019.

1.6 FONTES DE DADOS – SÍNTESE

Em síntese, foram utilizadas, neste estudo, as seguintes principais fontes de dados para as etapas de caracterização, mapeamento das ofertas e demandas e identificação de oportunidades de reúso industrial.

Tabela 5 – Fontes de dados – síntese

Grupo	Informações	Escala	Fonte	Complementação	Ano
Saneamento básico	Dados sobre ETEs	Por ETE	ANA	Banco de dados fornecido diretamente pela ANA	2013
		Por ETE	Concessionárias locais	Banco de dados fornecidos diretamente pelas concessionárias	2017
	Dados sobre produção e consumo de água e coleta e tratamento de esgotos	Por município	SNIS	Ano-base 2015	2016
Indústria	Demanda industrial por água	Por ponto outorgado	ANA	Para rios de domínio da União	2017
		Por ponto outorgado	Agências estaduais	Para mananciais (superficiais e subterrâneos) de domínio estadual	2017
		Por município	ANA	Demanda hídrica por município (ANA, 2017)	2017
	PIB industrial	Por município	IBGE	Produto Interno Bruto dos Municípios 2002-2014	2015
	Número de empregos na indústria	Por município	MTE	Microdados RAIS e CAGED	2016
	Caracterização da indústria no estado	Por estado/município	Federações da indústria	Solicitado diretamente às Federações	Diversos
Disponibilidade hídrica	Balanco hídrico quantitativo	Por microbacia	ANA	SNIRH	2017
Demografia e território	Dados demográficos e territoriais	Por município	IBGE	-	2017
	Shapefiles para uso em SIG	Por unidade administrativa	IBGE e Geobank	-	-

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).



Verifica-se o baixo atendimento de tratamento de esgoto (33,57%) no estado, inclusive inferior à média nacional (44,92%).



2 RIO DE JANEIRO



2.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DO ESTADO

2.1.1 DISPONIBILIDADE HÍDRICA, SANEAMENTO BÁSICO E INDÚSTRIA

O Rio de Janeiro está localizado na região Sudeste do País e é o terceiro estado mais populoso da Federação, com 16.718.956 habitantes (IBGE, 2017), o que representa 8% da população brasileira. É também o quarto menor estado do Brasil, com área 43.781,588 km² e está dividido em 92 municípios. O mais populoso é o Rio de Janeiro, capital do Estado, com 39% da população, seguido por São Gonçalo, Duque de Caxias, Nova Iguaçu e Niterói, que, juntos, detêm cerca de 20% da população estadual.

O estado do Rio de Janeiro está localizado na Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste, onde predomina o clima Tropical Atlântico, com temperatura média anual de 24 °C e precipitação média anual de 1070 mm.

De acordo com o PROGESTÃO (ANA, 2017c), programa de incentivo financeiro aos sistemas estaduais para aplicação exclusiva em ações de gerenciamento de recursos hídricos da Agência Nacional de Águas (ANA), o estado do Rio Janeiro se enquadra na tipologia “D”, uma vez que apresenta:

Balanco quali-quantitativo crítico (criticidade qualitativa ou quantitativa) em diversas bacias; usos concentrados em diversas bacias, não apenas naquelas com criticidade quali-quantitativa (áreas críticas); conflitos pelo uso da água generalizados e com maior complexidade, não restritos às áreas críticas. (ANA, 2017c)

Com relação ao abastecimento de água, o Rio de Janeiro é o segundo estado da região Sudeste com maior índice de atendimento total e o último estado da região em relação ao atendimento da população urbana. Em relação à coleta de esgoto, é o terceiro estado da região, ficando à frente apenas do Espírito Santo.

Os principais indicadores de saneamento, de acordo com o SNIS 2016 (SNSA/MCidades, 2018) são:

Tabela 6 – Principais indicadores de abastecimento de água e coleta/tratamento de esgotos do estado de acordo com SNIS 2015

Código	Índice	Valor
IN055	Índice de atendimento total de água	92,36%
IN023	Índice de atendimento urbano de água	93,46%
IN015	Índice de coleta de esgoto	51,20%
IN046	Índice de esgoto tratado referido à água consumida	33,57%

Fonte: Adaptado de SNSA/MCIDADES (2016).

Verifica-se o baixo atendimento de tratamento de esgoto (33,57%) no estado, inclusive inferior à média nacional (44,92%).

Referentemente à indústria, o PIB industrial do Rio Janeiro em 2015 foi de R\$ 131 bilhões, o que representou 11,3% no PIB industrial nacional. Os setores que possuem maior representatividade são o de extração de petróleo e gás natural; fabricação de coque e derivados do petróleo; e biocombustíveis e metalurgia, representando 48,9% da indústria do estado (CNI, 2014).

2.1.2 LEGISLAÇÃO

Abaixo, constam as principais legislações estaduais referentes aos temas pertinentes a este estudo.

Lei nº 3.239, de 2 de agosto de 1999: Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos e regulamenta a Constituição Estadual. A Política Estadual de Recursos Hídricos tem por objetivo promover a harmonização entre a oferta e a demanda de água relacionadas aos usos múltiplos, instituindo no seu capítulo IV os instrumentos para implantação desta política, que são:

- Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERHI);
- Programa Estadual de Conservação e Revitalização de Recursos Hídricos (Prohidro);

- Planos de Bacia Hidrográfica (PBH'S);
- Enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes dos mesmos;
- Outorga do direito de uso dos recursos hídricos;
- Cobrança aos usuários pelo uso dos recursos hídricos; e
- Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos (SEIRHI).

Na seção IV do mesmo capítulo ficam instituídas as diretrizes para o enquadramento dos corpos d'água em classes.

Lei nº 4247, de 16 de dezembro de 2003: Dispõe sobre a cobrança pelo uso dos Recursos Hídricos de domínio do Estado.

Lei 7599/17 | Lei nº 7599, de 24 de maio de 2017 do Rio de Janeiro: Dispõe sobre a obrigatoriedade de indústrias situadas no Estado do Rio de Janeiro instalarem equipamentos de tratamento e reutilização de água. No artigo primeiro, estabelece que toda indústria que tiver um número de funcionários igual ou superior a 100 fica obrigada a implementar o reúso de água.

Lei 7607/17 | Lei nº 7607, de 30 de maio de 2017 do Rio de Janeiro: Altera a Lei nº 6879, de 2 setembro de 2014, que autoriza o Poder Executivo a instituir o programa "Consumo Responsável" no âmbito do Estado. Dentre outras coisas, o programa prevê realização de campanhas educativas, incentivo à utilização de água de reúso, substituição de equipamentos hidráulicos que utilizem elevado volume de água por equipamentos economizadores, investimento em pesquisas e correção de perdas em redes de água.

Lei nº 2856, de 25 de julho de 2011 – Niterói: Estende as obrigações da Lei nº 2630, de 7 de janeiro de 2009, instituindo mecanismos de estímulo à instalação de sistema de coleta e reutilização de águas servidas em edificações públicas e privadas.

Decreto nº 27.208, de 2 de outubro de 2000: Dispõe sobre o conselho estadual de recursos hídricos.

Deliberação INEA nº 23, de 15 de junho de 2012: Aprova Norma Institucional NOIINEA – 04, referente à regularização de recursos hídricos para todas as finalidades de uso por meio de veículo transportados (carro-pipa).

Diretriz-101.R-4 – Corpos D'água – Usos benéficos: Esta Diretriz foi aprovada pela Deliberação CECA 0018, de 16 de fevereiro de 1978, e tem como objetivo classificar os usos benéficos dos corpos d'água do Estado.

DZ-103.R-2 – Classificação de corpos d'água da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul trecho Funil – Santa Cecília: Esta Diretriz foi aprovada pela Deliberação CECA 0018, de

16 de fevereiro de 1978, e tem como objetivo a classificação dos corpos d'água da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul, trecho Funil – Santa Cecília, segundo os usos benéficos, como parte do Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras.

DZ-0105.R-1 – Diretriz de classificação das águas da Baía de Guanabara: Esta Diretriz foi aprovada pela Deliberação CECA 0018, de 16 de fevereiro de 1978, e tem como objetivo a classificação das águas da Baía de Guanabara e da orla oceânica adjacente, segundo os usos benéficos propostos.

IT-102.R-2 – Arquivo de dados e metodologia de codificação de sistemas receptores de esgotos sanitários e despejos industriais: Definir as informações que constarão do arquivo de dados e a metodologia de codificação de sistemas receptores de esgotos sanitários e despejos industriais a serem adotadas na Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA).

2.2 REUNIÕES PRESENCIAIS E SOLICITAÇÃO DE INFORMAÇÕES

A visita ao estado ocorreu no dia 6 de outubro de 2017 e contou com consultores do Centro Internacional de Referência em Reúso de Água da Universidade de São Paulo (CIRRA/USP) e da *InfinityTech* Engenharia e Meio Ambiente. Foi realizada reunião com os seguintes órgãos e seus respectivos representantes.

- **Inea – Instituto Estadual do Ambiente**
 - » Márcia Chaves de Souza – Gerente de serviço de cadastro e cobrança pelo uso da água; e
 - » Moema Versiani Acserlad – Gerente de instrumentos de recursos hídricos.
- **Firjan – Federação das Indústrias do Rio de Janeiro**
 - » Jorge Peron – Gerente de meio ambiente, saúde e segurança;
 - » Ivan Sá Earp de Mello e Silva – Especialista em meio ambiente; e
 - » Isaque Regis Ouverney – Analista.
- **GAB – Grupo Águas do Brasil**
 - » Carla da Silva Pestana – Engenheira.

2.3 IDENTIFICAÇÃO DAS DEMANDAS INDUSTRIAIS

As demandas industriais por água no estado foram mapeadas a partir de duas fontes: registros de outorgas de uso concedidas pelo INEA e outorgas de uso de água de rios de domínio da União da ANA. Os dados do INEA não são disponibilizados ao público e foram solicitados por ofício ao instituto, com posterior envio de arquivo digital em formato xls.

Tabela 7 – Fonte de dados – demandas

Informação	Fonte	Data	Obtido via
Registros de outorgas de uso de água	INEA	fev/18	Diretamente pelo INEA
Registros de outorgas de uso de água de rios de domínio da União	ANA	nov/17	https://goo.gl/eeHEDg

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Os registros do INEA são separados em outorgas uso de captação subterrânea e superficiais, cada qual em arquivo distinto e com diferentes grupos de informação. Os filtros aplicados estão explicitados na Tabela 8.

Tabela 8 – Filtro de dados – outorgas do INEA (águas superficiais)

Categoria	Universo de informações	Filtro aplicado	Utilizada?
INEA – superficiais			
Nº processo	Identificação do processo	-	N
Requerente	Identificação do usuário	-	S
Doc. SLAM	Identificação do processo	-	N
PI	Identificação do processo	-	N
Tipo de interferência	Captação superficial ou derivação, captação em nascente, lançamento de efluentes	Captação superficial ou derivação e captação em nascente	S
Distrito/Bairro/Localidade	-	-	N
Município	-	-	S
Lat_Graus	Dados de coordenadas	-	S
Minutos		-	S
Segundos		-	S
Long_Graus		-	S
Minutos		-	S
Segundos		-	S
Lat. decimais		-	S
Long. decimais		-	S
Corpo hídrico		-	-

Categoria	Universo de informações	Filtro aplicado	Utilizada?
Lançamento	Tipo de lançamento	-	N
Nº do documento	Identificação do processo	-	N
Data do documento	Identificação do processo	-	N
Vencimento	Validade da outorga	Somente vigentes	S
Vazão máxima (Outorgada) (m³/h)	Vazão máxima outorgada	-	S
Vazão média (Operacional) (m³/h)	Vazão média retirada	-	N
Tempo de bombeamento (h/d)	Horas por dia em que é autorizada retirada de água	-	S
Dias outorgados (d/mês)	Dias por mês em que é autorizada retirada de água	-	S

Fonte: Adaptado de INEA (2018).

Tabela 9 – Filtro de dados – outorgas do INEA (águas subterrâneas)

Categoria	Universo de informações	Filtro aplicado	Utilizada?
INEA – subterrâneas			
Processo tipo	Outorga subterrânea	Outorga subterrânea	N
Nº processo	Identificação do processo	-	N
Requerente	Identificação do usuário	-	S
Doc. tipo	Identificação do processo	-	N
Nº do documento	Identificação do processo	-	N
Data do documento	Identificação do processo	-	N
Vencimento	Validade da outorga	Somente vencimento a partir de 2018	S
PI	Identificação do processo	-	N
Distrito/Bairro/Localidade	Localização	-	N
Município	Localização	-	S
Lat_Graus	Dados de coordenadas	-	S
Minutos		-	S
Segundos		-	S
Long_Graus		-	S
Minutos		-	S
Segundos		-	S
Lat. decimais		-	S
Long. decimais		-	S
Vazão média (Operacional) (m³/h)	Vazão média retirada	-	S
Vazão máxima (Outorgada) (m³/h)	Vazão máxima outorgada	-	S
Tempo de bombeamento (h/d)	Horas por dia em que é autorizada retirada de água	-	S

Fonte: Adaptado de INEA (2018).

São apresentadas, para cada outorga, a vazão máxima outorgada e a vazão média operacional média registrada. No entanto, os dados de vazão média operacional abrangem poucos usuários e, além disso, esse estudo pretende compreender os cenários de máximo uso de água para fins industriais, conforme já abordado no **item**. Portanto, considerou-se a vazão máxima outorgada para estimativa das demandas industriais. Uma vez que são apresentados também dados de tempo máximo diário de bombeamento (para outorgas superficiais e subterrâneas) e de dias por mês (somente superficiais), o cálculo da vazão outorgada para cada usuário foi realizado da seguinte forma:

- Outorgas superficiais:

$$Q_{out} = Q_{out\ máx} \times \frac{horas}{dia} \times \frac{dias}{mês} \times \frac{1}{24 \times 30}$$

- Outorgas subterrâneas:

$$Q_{out} = Q_{out\ máx} \times \frac{horas}{dia} \times \frac{1}{24}$$

A divisão por 24 x 30 (superficiais) e por 24 (subterrâneas) tem como objetivo a obtenção do valor de da vazão média distribuída ao longo do mês, obtendo-se as vazões outorgadas.

Resultaram dos filtros aplicados 224 outorgas do INEA e 137 da ANA, totalizando 361 outorgas e **vazão industrial outorgada total de 15.793 l/s**, conforme se verifica abaixo.

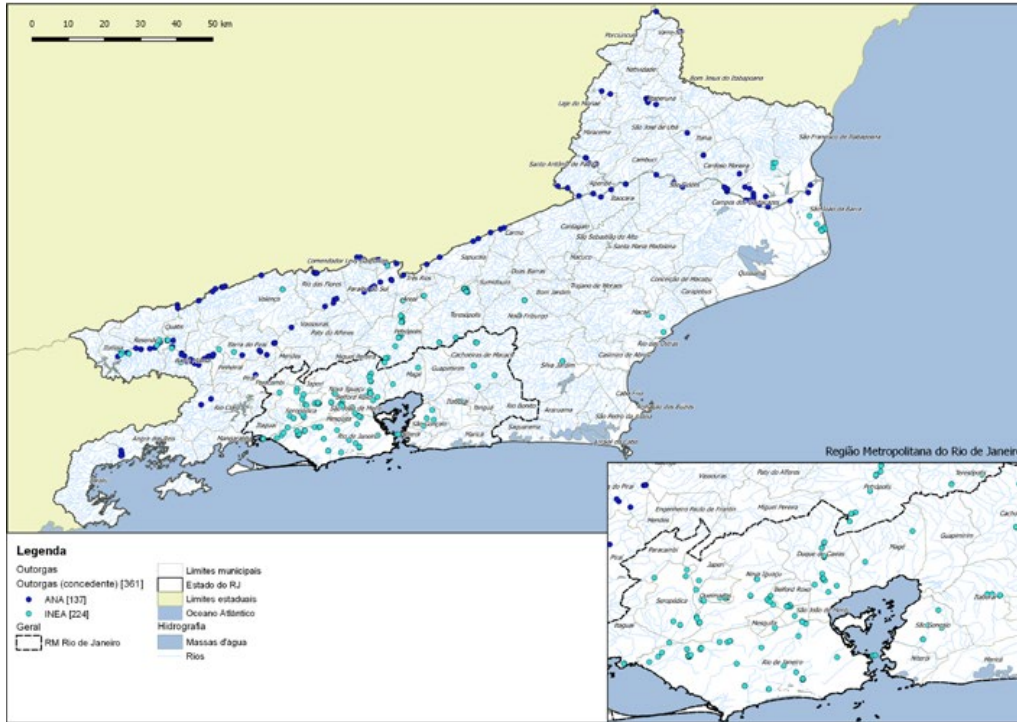
Tabela 10 – Número de outorgas e vazões outorgadas

Concedente	Nº de outorgas	ΣQ (l/s)
ANA	137	12.337
INEA	224	3.456
Total geral	361	15.793

Fonte: Adaptado de ANA (2017b) e INEA (2018).

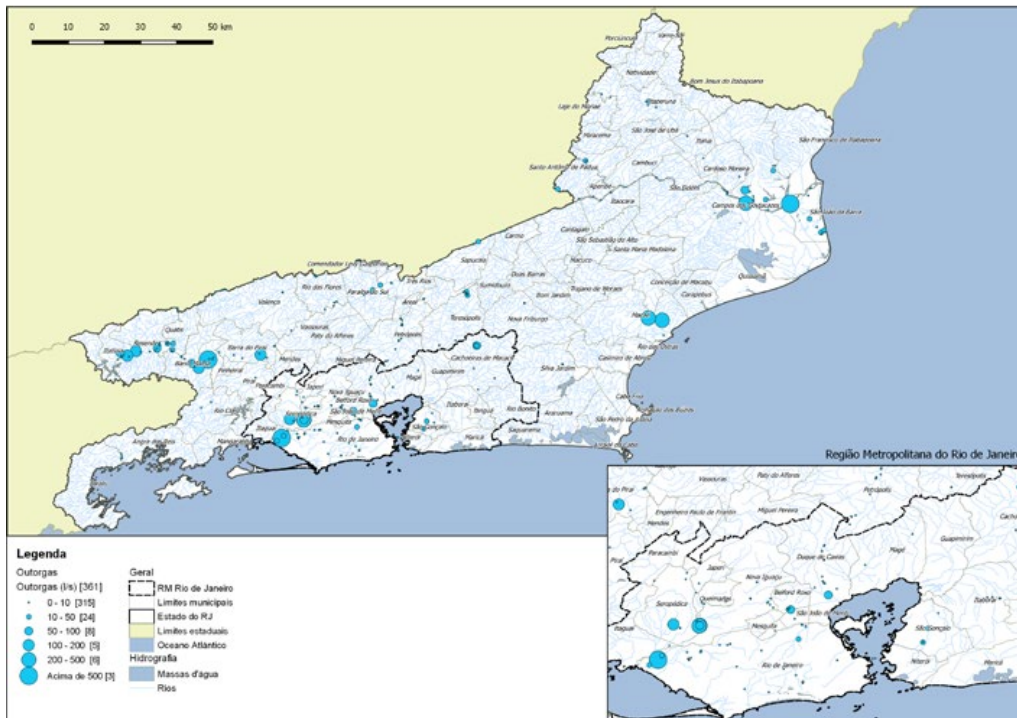
Os mapas a seguir ilustram a distribuição das outorgas no estado, classificadas por concedente (INEA ou ANA) e faixa de vazões.

Figura 2 – Mapa com outorgas industriais por concedente (ANA e INEA)



Fonte: ANA (2017b) e INEA (2018).
Elaboração: Fukasawa (2018).

Figura 3 – Mapa com outorgas industriais por faixa de vazão (ANA e INEA)



Fonte: ANA (2017b) e INEA (2018).
Elaboração: Fukasawa (2018).

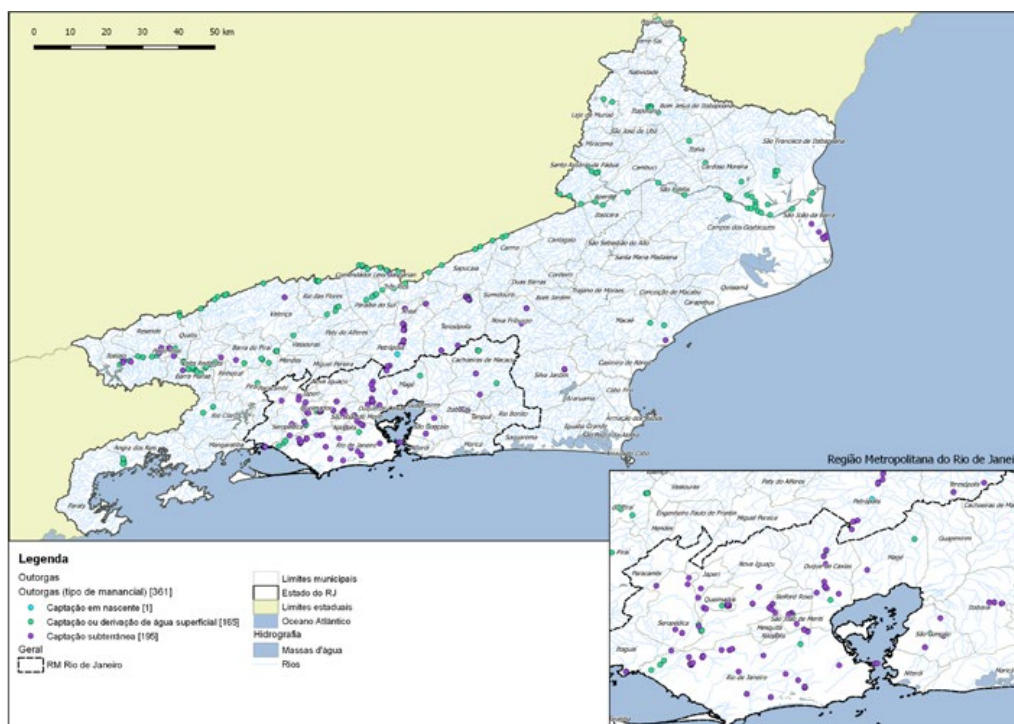
Relativamente ao tipo de manancial, predomina no estado a utilização de águas superficiais para abastecimento industrial. Praticamente 100% do volume outorgado é referente a captação superficial, ainda que mais da metade das outorgas sejam de água subterrânea.

Tabela 11 – Distribuição das outorgas industriais por tipo de manancial

Tipo	Nº de outorgas	ΣQ (l/s)
Captação ou derivação de água superficial	165	15.331
Outorga subterrânea	195	460,73
Captação em nascente	1	1,02
Total geral	361	15.793

Fonte: Adaptado de ANA (2017b) e INEA (2018).

Figura 4 – Mapa com outorgas industriais por tipo de manancial



Fonte: ANA (2017b) e INEA (2018).
 Elaboração: Fukasawa (2018).

Realizando-se a análise por município, dos 92 existentes no estado, 52 possuem algum registro de outorga de captação industrial. Abaixo são listados os dez municípios com maiores vazões outorgadas para a indústria e o nº de outorgas, assim como a representatividade, diante de todo estado, de cada município. Adicionalmente, consta também a razão vazão outorgada/número de outorgas ($\Sigma Q/n^\circ$ de outorgas), a qual representa a vazão média por outorga e indica, de maneira geral, a dispersão das vazões demandadas dentro de cada município.

Tabela 12 – Principais municípios em termos de vazão outorgada de captação industrial

Município	Nº de outorgas	Q_{out} (l/s)	Representatividade em nº de outorgas	Representatividade em vazão (Q)	Q/n° outorgas (l/s.outorga)
Volta Redonda	7	6146,24	2%	39%	878,0
São João da Barra	9	4651,91	2%	29%	516,9
Rio de Janeiro	53	915,63	15%	6%	17,3
Duque de Caxias	26	830,87	7%	5%	32,0
Macaé	4	665,30	1%	4%	166,3
Campos dos Goytacazes	17	611,31	5%	4%	36,0
Nova Iguaçu	11	452,87	3%	3%	41,2
Resende	16	293,01	4%	2%	18,3
Barra Mansa	12	249,73	3%	2%	20,8
Barra do Piraí	7	205,45	2%	1%	29,4
Subtotal	162	15.022	45%	95%	-

Fonte: Adaptado de ANA (2017b) e INEA (2018).

A cidade de Volta Redonda destaca-se por concentrar 39% de toda vazão outorgada do estado. Dos 6.146 l/s outorgados no município, 6.140 l/s são referentes a uma única outorga federal da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN). O município de São João da Barra, o segundo com maiores demandas industriais, também apresenta uma única outorga federal que é responsável por quase toda a demanda, desta vez do Complexo Portuário do Açú e com vazão de 4.583 l/s. As duas outorgas supracitadas juntas representam aproximadamente 70% de toda vazão outorgada no estado. A capital, Rio de Janeiro, concentra 15% das outorgas do estado, mas detém, em termos de vazão, somente 6%; ou seja, a demanda, ainda que relativamente alta, está dispersa em diversos usuários.

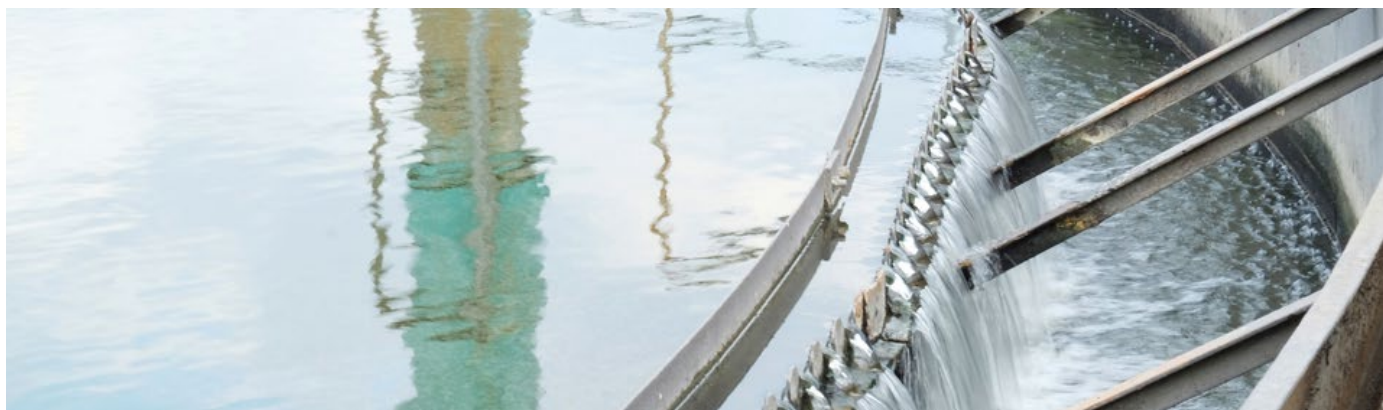
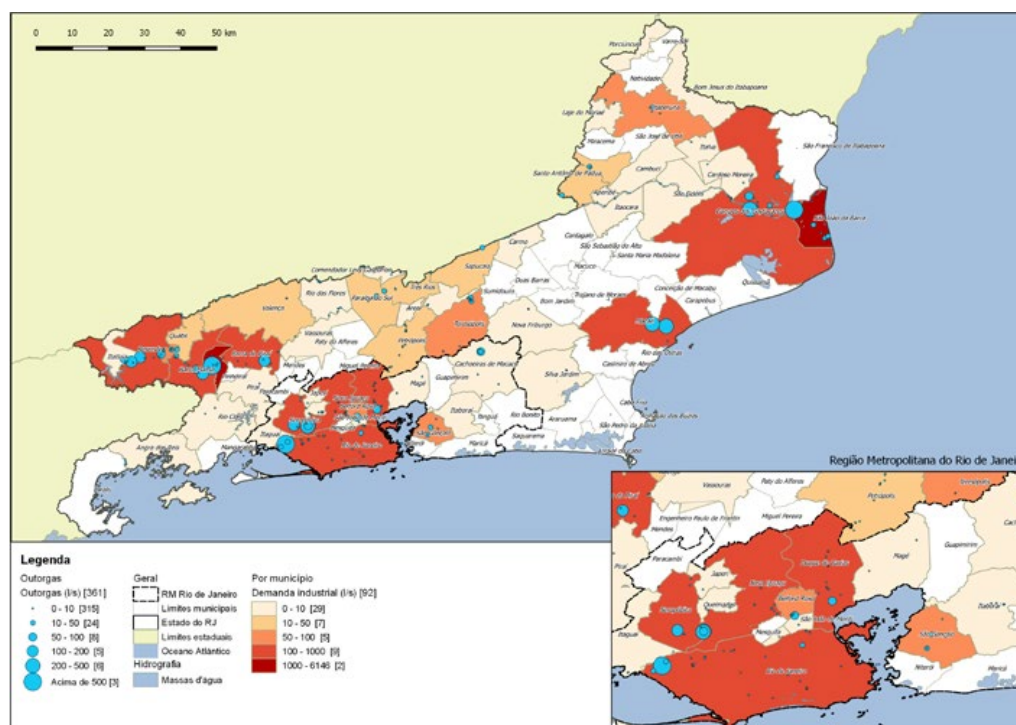


Figura 5 – Mapa com outorgas industriais por faixa de vazão e totalização por município



Fonte: ANA (2017b) e INEA (2018).
 Elaboração: Fukasawa (2018).

Uma vez que o INEA disponibiliza dados cadastrais dos requerentes de outorgas, foi possível identificar os principais segmentos industriais e suas respectivas vazões demandadas, atividade realizada individualmente para cada empresa por meio de consulta a registros disponíveis na internet e a Classificação Nacional de Atividade Econômica (CNAE 2.0). O fato de haver frequente ocorrência de grafias distintas para identificação da mesma empresa requereu análise detalhada caso a caso.

Em razão do grande número de outorgas (361) e mais de 200 usuários, determinou-se o seguinte para fins de otimização do tempo na elaboração do estudo:

- Foram buscadas informações das empresas com maiores vazões outorgadas que, somadas, representam 98,0% das vazões outorgadas; e
- Utilizou-se classificação "outros" para as empresas constantes nos 2% ignorados e para aquelas em que não foi possível obter a classe de acordo com a CNAE 2.0.

Disso, obteve-se:

Tabela 13 – Distribuição das outorgas industriais por tipo classe CNAE 2.0

CNAE 2.0	Descrição	Nº de outorgas	ΣQ (l/s)
24	Metalurgia	12	6.909,50
19	Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis	6	4.636,39
35	Eletricidade, gás e outras utilidades	4	1.381,72
6	Extração de petróleo e gás natural	5	693,47
20	Fabricação de produtos químicos	17	633,69
11	Fabricação de bebidas	39	337,71
-	Outros	208	266,57
17	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	4	244,12
23	Fabricação de produtos de minerais não metálicos	6	167,11
9	Atividades de apoio à extração de minerais	1	165,00
10	Fabricação de produtos alimentícios	8	102,70
22	Fabricação de produtos de borracha e de material plástico	6	91,25
1	Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura	2	63,18
8	Extração de minerais não metálicos	35	60,32
30	Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores	6	35,26
16	Fabricação de produtos de madeira	2	5,10
-	Total geral	361	15.793

Fonte: Adaptado de ANA (2017b) e INEA (2018).

Nota-se prevalência das classes 14 (metalurgia), principalmente por conta da Companhia Siderúrgica Nacional e Companhia Siderúrgica do Atlântico; 19 (coque, derivados do petróleo e biocombustíveis), em razão do Complexo Portuário do Porto do Açu; e 35 (eletricidade e gás), por conta de outorgas da Termoelétrica Rolugi, UTE TermoRio e Vale Azul Energia.

Vale destacar que algumas dessas outorgas possuem caráter preventivo e as vazões outorgadas ainda não estão sendo completamente demandadas, como no caso da Termoelétrica

Rolugi e do Porto Açu. Quanto a este, a variabilidade de atividades industriais dentro do complexo impede a identificação exata de cada classe CNAE 2.0 consumidora, e assumiu-se classe 19 (coque, derivados do petróleo e biocombustíveis) para todos, uma vez que a outorga é única e há importante participação de empreendimentos desse segmento⁹ no complexo. Estudos futuros mais detalhados da distribuição de usuários dentro do complexo, considerando-se os empreendimentos a serem implantados e os já operantes, poderão refinar a caracterização.

2.4 IDENTIFICAÇÃO DAS OFERTAS

As potenciais ofertas de esgoto foram levantadas com base em três bancos de dados distintos, a saber:

Tabela 14 – Fonte de dados de tratamento de esgotos

Informação	Fonte	Ano base	Obtido via
Dados das ETEs sob responsabilidade do GAB	GAB	jan/18	Diretamente pelo GAB
Dados de ETEs das concessionárias e SAEES	ANA	2013	Diretamente pela ANA
Volumes de esgoto coletado e tratado por município	SNIS	2015	http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2015

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Conforme já comentado, a Cedae não disponibilizou dados referentes a suas plantas. Portanto, para as ETEs sob responsabilidade da Cedae, utilizou-se o banco de dados da ANA.

O GAB e a Cedae são as principais concessionárias do estado. O GAB atende nove municípios (Petrópolis, Araruama, Saquarema, Silva Jardim, Campos dos Goytacazes, Niterói, Resende, Nova Friburgo e Paraty)¹⁰, sendo que em oito deles, excetuando-se Paraty, há infraestrutura de coleta e tratamento de esgotos. A Cedae atende 40 municípios com serviço de água e outros 24 com coleta e tratamento de esgotos, sendo que a companhia não opera o abastecimento de água e tratamento de esgotos concomitantemente em nenhuma cidade, conforme o SNIS 2015 (SNSA/MCidades, 2018). Os demais municípios são atendidos pelo poder municipal ou empresas privadas.

⁹ PORTO DO AÇU. **Porto do Açu**. 2017. Disponível em: <http://www.portodoacu.com.br/SitePages/sobre-o-porto/porto-do-acu.aspx>. Acesso em: 01 fev. 2018.

¹⁰ GRUPO ÁGUAS DPO BRASIL. **Institucional**. Disponível em: <http://www.grupoaguasdobrasil.com.br/o-grupo/institucional/>. Acesso em: 01 fev. 2018.

A análise dos bancos de dados resulta nos valores detalhados a seguir, aos quais foram adicionados os dados de esgoto coletado e tratado do SNIS 2015.

Tabela 15 – ETEs e vazões de coleta e tratamento de esgotos

Fonte	Nº de ETEs	Vazão de esgoto coletado (l/s)	Vazão de projeto (l/s)	Vazão de esgoto tratado/afluente (l/s)
GAB	64	-	4,49	3,32
ANA	75	-	19,06	11,56
Subtotal	139	-	23,54	14,88
SNIS	-	24,9	-	15,08

Fonte: Adaptado de ANA (2016), SNSA/MCIDADES (2016) e GAB (2017).

Como já foi abordado no item referente à metodologia (**tópico**), foi necessário ajuste dos dados de vazão, uma vez que nem todas as plantas apresentam dados de projeto e de vazão afluente. A partir dos critérios de cálculo determinados, chegou-se a vazão de referência (Q_p) de **23,54 l/s**. Dividindo-se as ETEs por faixas de vazão, tem-se:

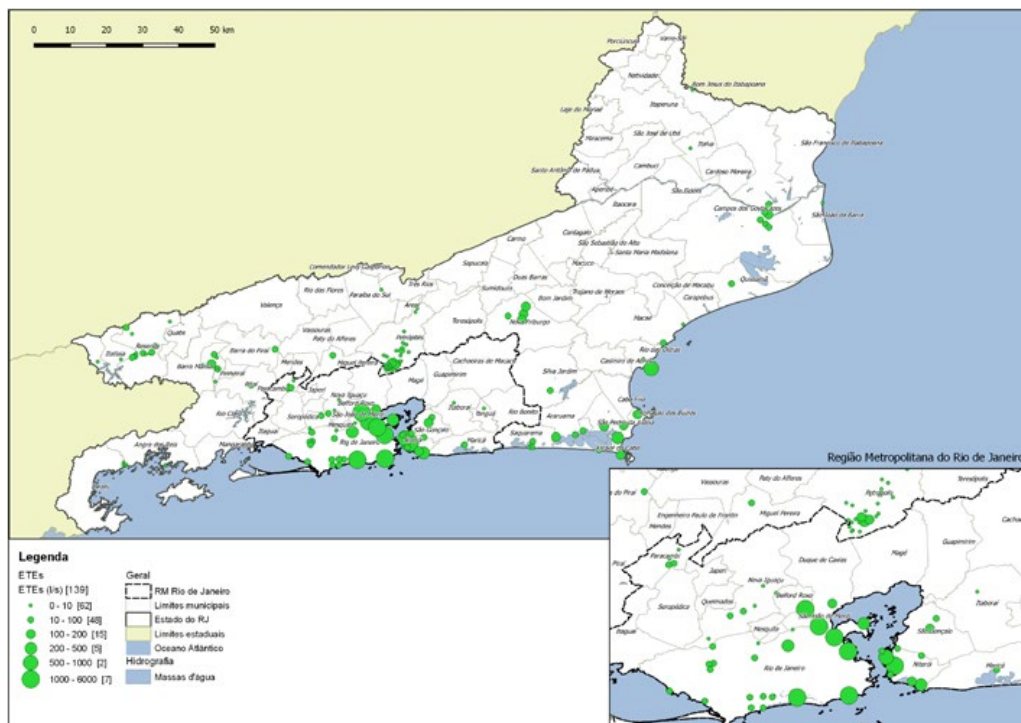
Tabela 16 – ETEs por faixa de vazão

Faixa de vazão (l/s)	Nº de ETEs
0 - 10	62
10 - 100	48
100 - 200	15
200 - 500	5
500 - 1000	2
Acima de 1.000	7

Fonte: Adaptado de ANA (2016) e GAB (2017).

Como é de se esperar, a maior parte das estações possui vazões baixas (até 10 l/s), havendo 7 ETEs com vazão superior a 1.000 l/s, todas localizadas na RMRJ.

Figura 6 – Mapa das ETEs existentes por faixa de vazão



Fonte: ANA (2016) e GAB (2017).
 Elaboração: Fukasawa (2018).

Em termos de processos de tratamento, o estado apresenta o seguinte panorama.

Tabela 17 – ETEs por tipo de processo

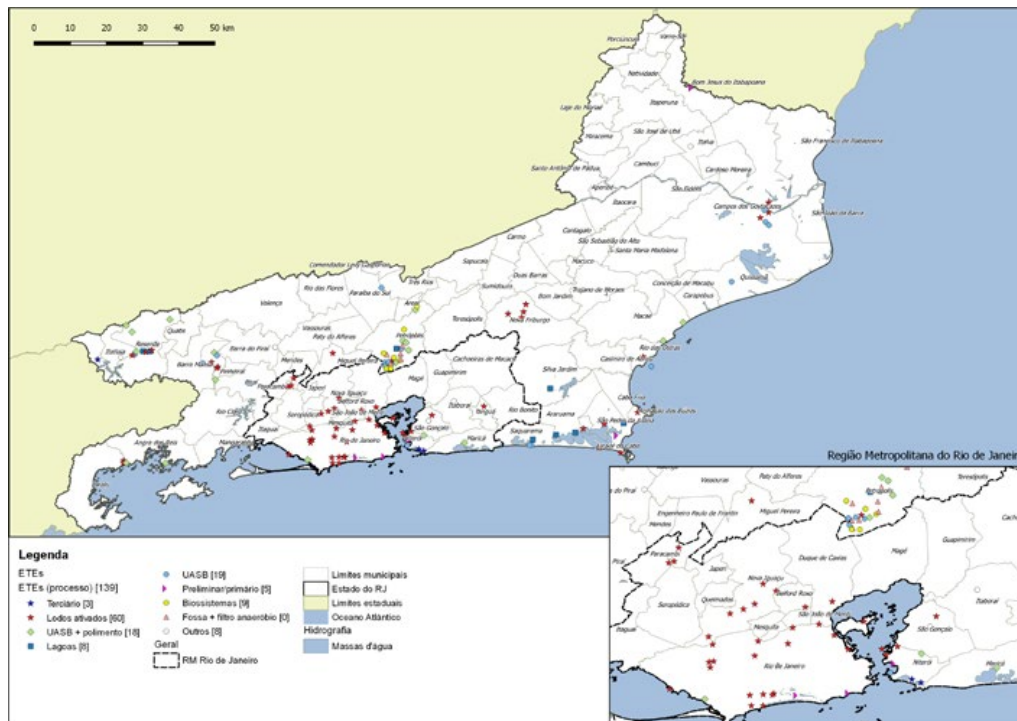
ETE	Nº de ETEs	Qr (l/s)	% em nº de ETEs	% em Qr
Preliminar/primário	5	10.575,8	4%	45%
Lodos ativados	60	10.162,2	43%	43%
UASB	19	1.179,2	14%	5%
Lagoas	8	511,5	6%	2%
Terciário	3	419,0	2%	2%
UASB + polimento	18	407,5	13%	2%
Outros	8	270,5	6%	1%
Biossistemas	9	10,4	6%	0%
Fossa séptica + filtro anaeróbio	9	8,0	6%	0%
Total	139	23.544	100%	100%

Fonte: Adaptado de ANA (2016) e GAB (2017).

É evidente a prevalência de processos preliminar/primário no estado, os quais correspondem a 45% de toda vazão de tratamento. Esse fenômeno deve-se ao fato de que as duas maiores ETEs do RJ, a EPC (Estação de Pré-Condicionamento) de Ipanema e a EPC Barra, localizadas na capital e com vazões de 6,0 e 2,8 m³/s, respectivamente, contam somente com tratamento preliminar antes do lançamento. No entanto, o processo de lodos ativados, o qual é indicativo de infraestrutura de tratamento mais sofisticada, possui quase a mesma participação na composição dos processos de tratamento do estado, com valor de 43% e concentração das plantas, principalmente da RMRJ (ETEs Alegria, Pavuna e Penha, todas na capital). Os demais processos, como UASB ou lagoas, possuem pouca representatividade no estado.

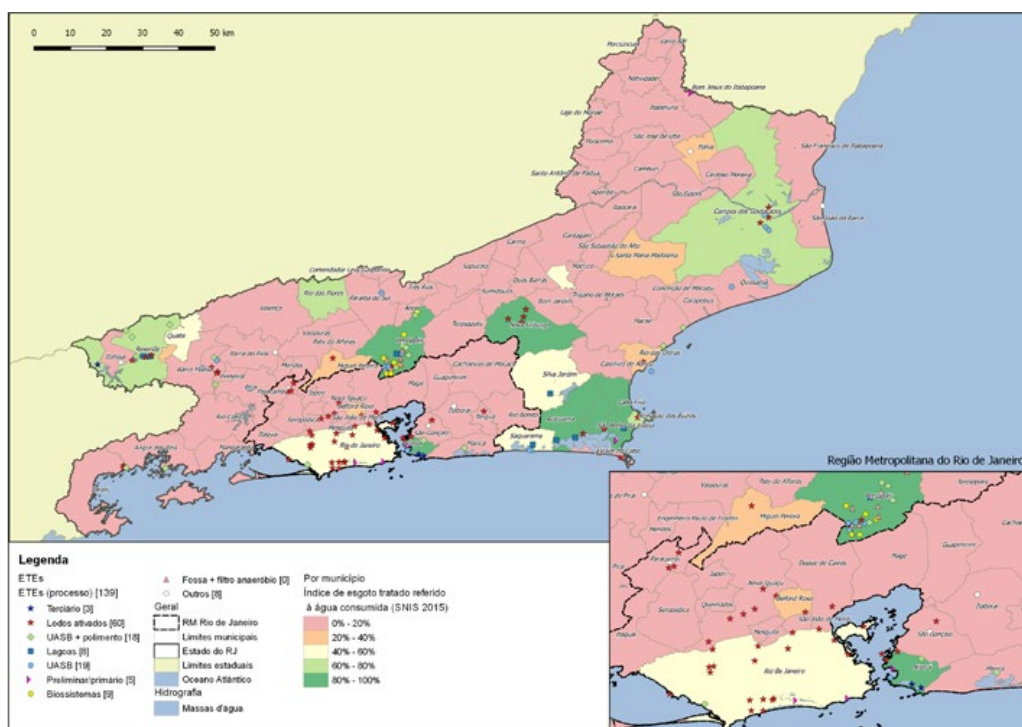
Vale destacar a existência de duas ETEs com vazões representativas e adoção de processo terciário de tratamento (anaeróbico seguido de aeróbico com desnitrificação e polimento físico-químico) no município de Niterói: a ETE Itaipu (295 l/s) e ETE Cambinhas (116 l/s). Espera-se, em virtude do processo utilizado, que o efluente tratado possua ótima qualidade e, portanto, maior exequibilidade de iniciativas de reúso a partir dessas plantas.

Figura 7 – Mapa das ETEs por processo de tratamento



Fonte: ANA (2016) e GAB (2017).
Elaboração: Fukasawa (2018).

Figura 8 – Mapa das ETEs por processo adotado e índice de atendimento de tratamento de esgotos referido à água consumida



Fonte: ANA (2016), SNSA/MCIDADES (2016) e GAB (2017).
 Elaboração: Fukasawa (2018).

Avaliando-se a distribuição das capacidades de tratamento por município, expressas em Q_r (vazão de referência), tem-se:

Tabela 18 – Dez principais municípios em termos de vazão de tratamento de esgoto

Município	Nº ETAs	Q_r (l/s)	% em nº de ETAs	% em Q_r
Rio de Janeiro	22	14.850	16%	63%
Niterói	8	2.519	6%	11%
Belford Roxo	1	1.500	1%	6%
Petrópolis	30	593,9	22%	3%
Rio das Ostras	2	581,0	1%	2%
Cabo Frio	2	560,0	1%	2%
Nova Friburgo	4	435,0	3%	2%
Campos dos Goytacazes	6	380,0	4%	2%
Resende	12	283,4	9%	1%
São Gonçalo	2	270,0	1%	1%
Subtotal	89	21.972	64%	93%

Fonte: Adaptado de ANA (2016) e GAB (2017).

A capital, Rio de Janeiro, concentra 63% da vazão de tratamento de esgotos do estado, ainda que represente 40% da população do estado (IBGE, 2017a). Os municípios de Niterói e Belford Roxo, ambos na RMRJ, também apresentam grande relevância no tocante à capacidade de tratamento de esgotos. Em suma, os dez principais municípios em termos de capacidade de tratamento concentram 64% das plantas e 93% das vazões do estado.

Estudando-se mais a fundo os processos de tratamento para os dez principais municípios em termos de capacidade, tem-se:

Tabela 19 – Dez principais municípios em termos de vazão de tratamento de esgoto por processo

Município	Qr por processo (l/s)									Total
	Outros	Fossa séptica + filtro anaeróbio	Biossistemas	Preliminar/primário	Lagoas	UASB	UASB + polimento	Lodos ativados	Terciário	
Rio de Janeiro	-	-	-	8.800,0	-	-	40,0	6.009,8	-	14.8450
Niterói	-	-	-	1.375,0	-	30,0	63,0	640,0	411,0	2.519
Belford Roxo	-	-	-	-	-	-	-	1.500,0	-	1.500
Petrópolis	-	8,0	10,4	-	0,5	268,5	181,5	125,0	-	593,9
Rio das Ostras	-	-	-	-	-	571,0	-	10,0	-	581,0
Cabo Frio	-	-	-	400,0	160,0	-	-	-	-	560,0
Nova Friburgo	-	-	-	-	-	-	-	435,0	-	435,0
Campos dos Goytacazes	-	-	-	-	-	100,0	-	280,0	-	380,0
Resende	35,0	-	-	-	59,0	100,0	17,0	64,4	8,0	283,4
São Gonçalo	200,0	-	-	-	-	-	-	70,0	-	270,0
Subtotal	235,0	8,0	10,4	10.575,0	219,5	1.069,5	301,5	9.134,2	419,0	21.972

Fonte: Adaptado de ANA (2016) e GAB (2017).

É notável que prevalecem os processos preliminar/primário e lodos ativados para os mesmos dez municípios.

Averiguando-se as dez principais ETEs do Rio de Janeiro, verifica-se que essas concentram 78% da vazão de todo estado, conforme se vê abaixo.

Tabela 20 – Dez principais ETEs do estado por município, vazão e processo

ETE	Q _r (l/s)	% em Q _r	Processo
EPC – ESEI (Emissário Submarino de Ipanema) – Rio de Janeiro	6.000	25%	Preliminar/primário
EPC Barra – Rio de Janeiro	2.800	12%	Preliminar/primário
ETE Alegria – Rio de Janeiro	2.400	10%	Lodos ativados
ETE Pavuna – Rio de Janeiro	1.500	6%	Lodos ativados
ETE Sarapuí – Belford Roxo	1.500	6%	Lodos ativados
ETE Icarai – Niterói	1.375	6%	Preliminar/primário
ETE Penha – Rio de Janeiro	1.200	5%	Lodos ativados
ETE Marilea – Rio das Ostras	571	2%	UASB
ETE Toque-toque – Niterói	525	2%	Lodos ativados
ETE Cabo Frio I – Cabo Frio	400	2%	Preliminar/primário
Subtotal	18.271	78%	-

Fonte: Adaptado de ANA (2016) e GAB (2017).

Como já abordado, as maiores plantas do estado contam somente com processo preliminar/primário, mas diversas outras de grande porte adotam processo de lodos ativados. Entre as dez maiores estações do estado, somente a ETE Marilea, em Rio das Ostras, possui processo que não seja preliminar/primário ou lodos ativados (anaeróbio - reator UASB).

2.5 PERFIL DA INDÚSTRIA

O PIB industrial do Rio de Janeiro, em 2014, foi da ordem de R\$ 172 bilhões, representando 26% do PIB total estadual (R\$ 671 bilhões).

Examinando-se os municípios com maior PIB industrial do estado, verifica-se que há razoável distribuição entre a RMRJ, Norte Fluminense, Baixada Litorânea e Centro Fluminense, com destaque à capital, Carapebus, Cabo Frio, Rio das Ostras, Macaé e Niterói.

Abaixo seguem os dez municípios com maior PIB industrial do estado e a variação ao longo da série histórica entre 2002 e 2014.

Tabela 21 – PIB industrial e variação (2002-2014) por município

Municípios	PIB industrial (R\$ 1.000)	Porcentagem do estado	Var. % (2002-2014)	Var. bruta (2002-2014) (R\$ 1.000)
Rio de Janeiro	40.757.086	24%	184%	26.399.461
Carapebus	37.476.445	22%	379%	29.647.737
Cabo Frio	10.216.082	6%	646%	8.846.377
Rio das Ostras	8.990.418	5%	219%	6.172.977
Macaé	8.017.926	5%	235%	5.626.538
Niterói	7.402.935	4%	785%	6.566.735
São João da Barra	6.042.317	4%	11.977%	5.992.286
Maricá	5.970.311	3%	5.629%	5.866.105
Petrópolis	3.274.207	2%	596%	2.803.630
Volta Redonda	3.203.680	2%	72%	1.340.147

Fonte: IBGE (2017b).

É notável a variação do PIB industrial para todos os municípios, com destaque a São João da Barra (em virtude do Complexo Portuário do Açú) e Maricá.

Em termos de número de empregos, de acordo com o RAIS, o estado possuía, em 2015, 426.538 trabalhadores ativos para os setores CNAE 2.0 pertinentes, sendo a maioria deles nas atividades de confecção de artigos de vestuário e acessórios (classe 14), fabricação de produtos alimentícios e coleta (classe 10), tratamento e disposição de resíduos (classe 38).

Tabela 22 – Número de empregos industriais por município

Município	Nº de empregos industriais	% estado
Rio de Janeiro	181.711	43%
Macaé	31.237	7%
Duque de Caxias	18.345	4%
Volta Redonda	17.136	4%
Nova Friburgo	15.637	4%
Petrópolis	13.650	3%
Niterói	13.632	3%
São Gonçalo	12.147	3%
Nova Iguaçu	10.607	2%
Campos dos Goytacazes	7.455	2%

Fonte: MTE (2017a).

Tabela 23 – Classes da CNAE 2.0 em números de empregos

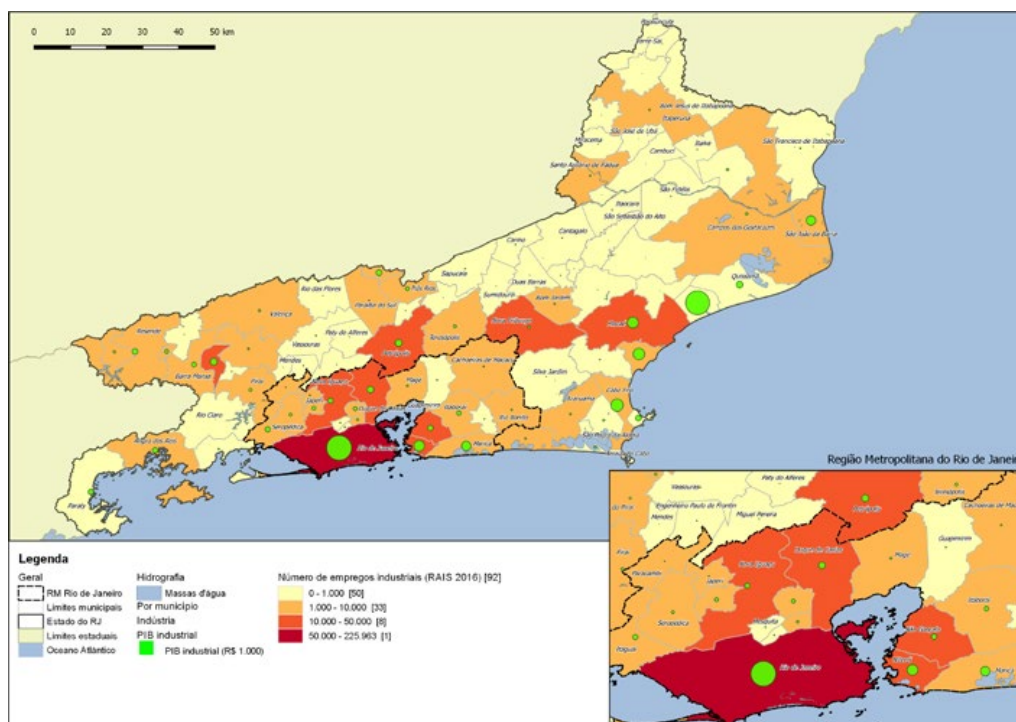
Classe CNAE 2.0	Denominação	Nº de empregos	Porcentagem/estado
14	Confecção de artigos de vestuário e acessórios	42.109	10%
10	Fabricação de produtos alimentícios	37.409	9%
38	Coleta, tratamento e disposição de resíduos, recuperação de materiais	33.978	8%
33	Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	24.464	6%
25	Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos	22.875	5%
22	Fabricação de produtos de borracha e de material plástico	22.833	5%
24	Metalurgia	22.706	5%
23	Fabricação de produtos de minerais não metálicos	18.558	4%
20	Fabricação de produtos químicos	17.959	4%
19	Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis	17.572	4%
6	Extração de petróleo e gás natural	16.181	4%
9	Atividades de apoio à extração de minerais	14.583	3%
11	Fabricação de bebidas	13.267	3%
35	Eletricidade, gás e outras utilidades	12.638	3%
30	Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores	11.494	3%
32	Fabricação de produtos diversos	10.590	2%
28	Fabricação de máquinas e equipamentos	10.051	2%
36	Água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação	10.034	2%
18	Impressão e reprodução de gravações	9.682	2%
29	Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias	8.967	2%
21	Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	8.417	2%
31	Fabricação de móveis	6.924	2%
17	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	6.859	2%
13	Fabricação de produtos têxteis	6.031	1%
8	Extração de minerais não metálicos	4.048	1%
27	Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos	3.208	1%
15	Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos para viagem e calçados	2.894	1%
7	Extração de minerais metálicos	2.655	1%
26	Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	2.561	1%

Classe CNAE 2.0	Denominação	Nº de empregos	Porcentagem/estado
37	Esgoto e atividades relacionadas	1.820	0%
16	Fabricação de produtos de madeira	1.686	0%
12	Fabricação de produtos do fumo	1.236	0%
39	Descontaminação e outros serviços de gestão de resíduos	239	0%
5	Extração de carvão mineral	10	0%
TOTAL		426.538	100%

Fonte: MTE (2017a).

Em geral, os municípios que possuem o maior número de empregos industriais não são os mesmos com o maior PIB industrial, excetuando-se os municípios do Rio de Janeiro, Macaé e Niterói. Abaixo, segue distribuição espacial dos empregos e PIB industriais por município.

Figura 9 – Mapa do número de empregos industriais e PIB industrial por município



Fonte: MTE (2017a) e IBGE (2017b).
Elaboração: Fukasawa (2017).

A Tabela 24 apresenta a distribuição dos empregos, por classe CNAE 2.0, para dez municípios com maior PIB industrial do estado.

Tabela 24 – Distribuição de empregos por divisão CNAE 2.0 e município

Município	CNAE 2.0																																			Total Geral
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	35	36	37	38	39		
Rio de Janeiro	5	2.610	2.392	289	3.228	14.852	6.560	1.042	2.280	16.561	2.230	473	1.679	7.317	14.776	7.513	7.524	10.208	4.469	6.780	5.736	1.963	1.832	5.336	936	995	1.775	4.277	7.817	8.390	6.116	1.124	22.603	23	181.711	
Macaé		11.912		112	9.342	193	24		3	69		25		71		41		31	66			320	41	646	1.384	27	142	22	23	6.105	214	48	92	205	79	31.237
Duque de Caxias			1	134		2.003	400	193	283	1.414	205	66	146	204	2.074	2.143	370	1.487	534	252	915	159	93	553	960	20	493	268	1.021	208	7	68	1.609	62	18.345	
Volta Redonda				42	4	482	5		2	126		13	29	135		118	8	104	182	11.242	815	2	25	57	24		53	81	2.193	14	441		939		17.136	
Nova Friburgo			94	57		769	61		629	8.476	68	80	150	123	1	39		532	113	36	3.276	7	3	63	189	24	79	119	3	141	311		194		15.637	
Petrópolis				35	2	936	804		1.197	3.342	23	82	140	164		12		464	223	30	561	137	6	255	2	87	489	1.336	1.875	30	356	7	1.055		13.650	
Niterói		99	6	1	1.614	344	4		45	716	3	31	32	340		133	148	862	191	24	289	7	23	337		2.272	89	100	1.485	625	657		3.155		13.632	
São Gonçalo				150		1.833	327		174	1.067	76	48	1.006	135	3	502	44	625	466	38	650	41	24	224	20	625	284	2.149	693	212	23	2	699	7	12.147	
Nova Iguaçu				126		1.059	115		36	701	80	56	83	147	199	2.745		379	483	28	412	1	20	111	739	4	1.335	584	160	192		20	792		10.607	
Campos dos Goytacazes	5			256		1.041	22		36	302	31	11	48	45	51	81	61	134	2.645	7	269	1	2	28	128	23	259	49	284	152	440	11	1.032	1	7.455	

Fonte: Adaptado de MTE (2017a).

2.6 OPORTUNIDADES DE REÚSO

A partir da exportação das informações do Sistema de Informações Geográficas (SIG), detectaram-se as potencialidades de reúso para cada uma das ETEs existentes e futuras do estado. A análise foi realizada com o objetivo de detectar as correlações entre as vazões das estações e as outorgas industriais dentro da área delimitada por um raio de 10 km em torno de cada planta. Foram analisadas todas as ETEs do estado e, buscando-se destacar os casos mais relevantes, a análise foi realizada de acordo com o seguinte critério:

- Vazões outorgadas no entorno das 20 maiores ETEs do estado; e
- Vinte maiores vazões outorgadas no entorno de ETEs.

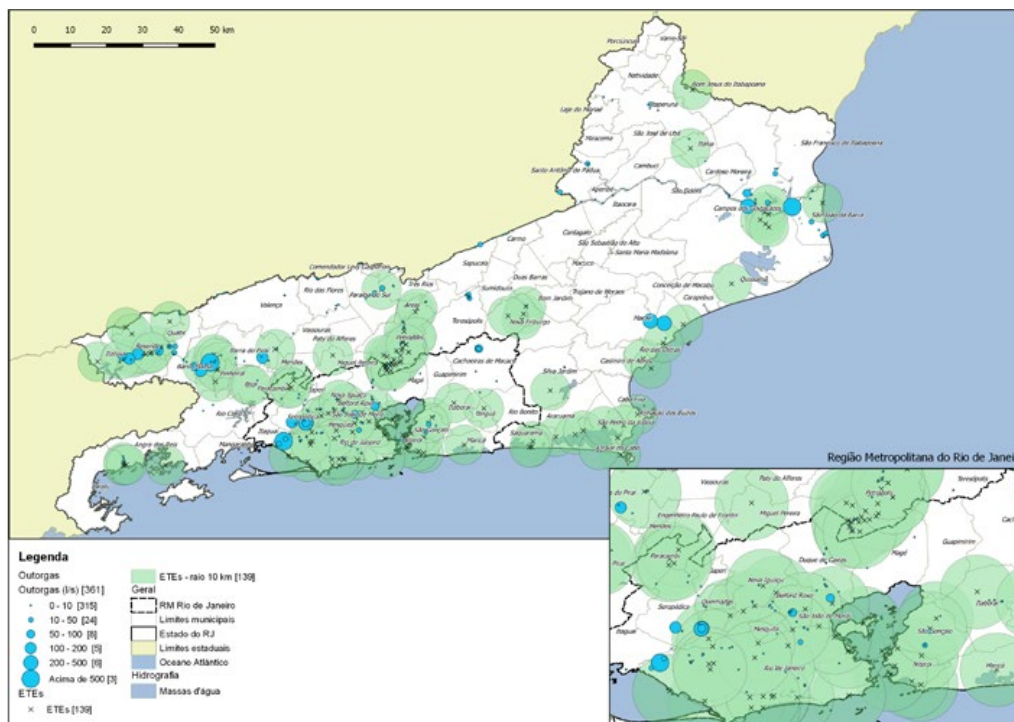
Os resultados para todas as ETEs do estado, contemplando inclusive dados de coordenadas geográficas, constam no **ANEXO A - RESULTADOS POR ETE**. Adicionalmente, examinaram-se os resultados nível municipal a partir da agregação de dados e comparação com os resultados de demanda industrial apresentados pela ANA (ANA, 2017). Os resultados completos por município constam no **ANEXO B - RESULTADOS POR MUNICÍPIO**.

2.6.1 ANÁLISE POR ETE

A análise por ETE será realizada para as 20 maiores ETEs do estado (em termos de Q_p) e para as 20 detectadas com maiores vazões industriais outorgadas no entorno.

O mapa abaixo ilustra a interação entre as outorgas, classificadas de acordo com a vazão, e as ETEs e as áreas encerradas dentro do raio de 10 km determinado.

Figura 10 – Mapa com raio de 10 km em torno das ETEs existentes e outorgas industriais por vazão



Fonte: ANA (2016, 2017b), INEA (2018) e GAB (2018).
 Elaboração: Fukasawa (2018).

Das 139 ETEs analisadas, 27 não possuem nenhum registro de outorga industrial em seu entorno. As faixas de vazão outorgada que contemplam mais estações são de 0 a 10 l/s (43 ETEs) e de 10 a 100 l/s (31 ETEs). Destaca-se que 14 ETEs possuem vazões industriais outorgadas acima de 500 l/s, apontando importante potencial de reúso.

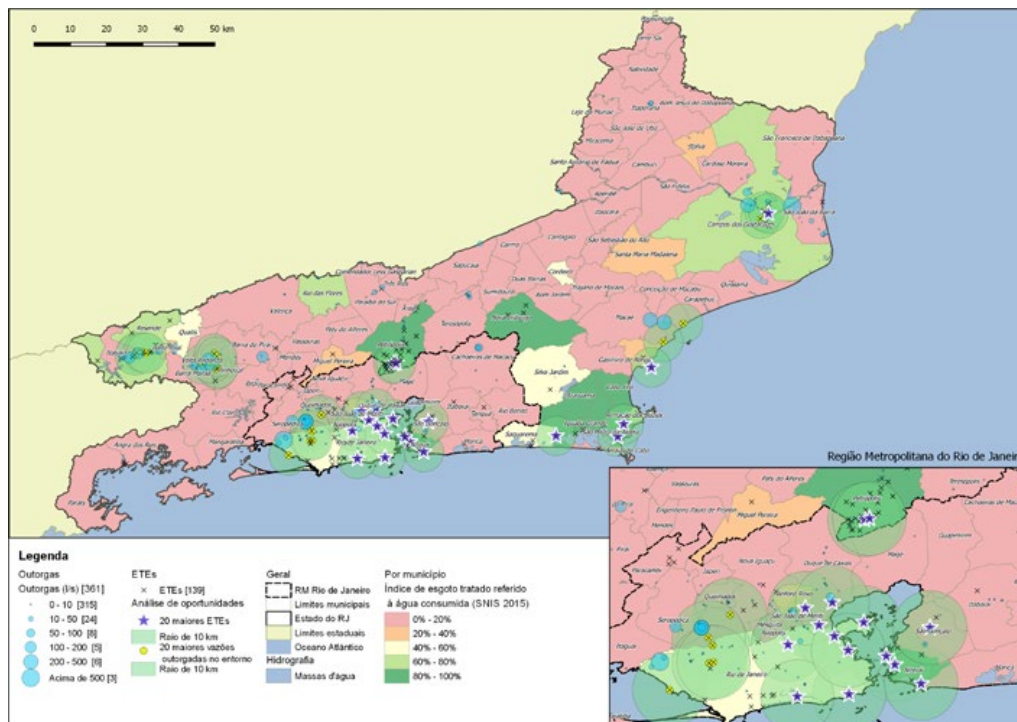
Tabela 25 – Número de ETEs por faixa de vazão industrial outorgada nas proximidades

Faixa de vazão outorgada (l/s)	Nº de ETEs
0	27
0 - 10	43
10 - 50	31
50 - 100	9
100 - 200	4
200 - 500	11
Acima de 500	14

Fonte: Adaptado de ANA (2016, 2017b), INEA (2018) e GAB (2018).

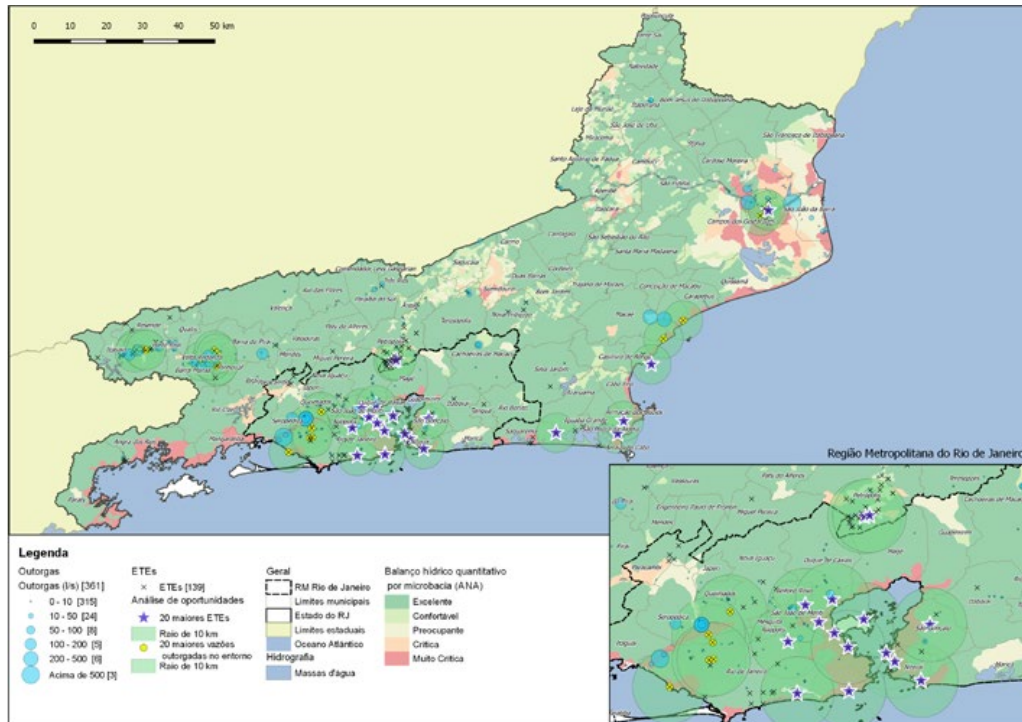
Como resultado, chega-se ao seguinte panorama por ETE, avaliando-se também o índice de tratamento de esgotos (IN046, SNIS 2015) e o balanço quantitativo de água por microbacia hidrográfica (ANA, 2017c).

Figura 11 – Mapa com as 20 principais ETEs em termos de Qr e de Qout e índice de atendimento de tratamento de esgotos referido à água consumida



Fonte: ANA (2016, 2017b), SNSA/MCIDADES (2016), INEA (2018) e GAB (2018).
Elaboração: Fukasawa (2018).

Figura 12 – Mapa com as 20 principais ETEs em termos de Q_r e de Q_{out} e balanço hídrico quantitativo



Fonte: ANA (2016, 2017b, 2017d), INEA (2018) e GAB (2018).
 Elaboração: Fukasawa (2018).

Para as 20 maiores ETEs do estado, foram destacadas aquelas que possuem demandas industriais relevantes em seu entorno, expressas pela vazão outorgada (Q_{out}) e/ou pela relação Q_{out}/Q_r . Foram realçadas aquelas com $Q_{out} \geq 100$ l/s e/ou $Q_{out}/Q_r \geq 0,25$; ou seja, aquelas para as quais a soma das outorgas dentro do raio de 10 km equivale a, ao menos, um quarto da vazão de referência da planta.

Tabela 26 – ETEs com as 20 maiores vazões outorgadas no entorno

Nº	Município	ETE	Q_r (l/s)	Processo	Q_{out} (l/s)	Nº de outorgas	Q_{out}/Q_r
1	Rio de Janeiro	EPC – ESEI (Emissário Submarino de Ipanema)	6000,0	Preliminar/primário	0,9	1	0
2	Rio de Janeiro	EPC Barra	2800,0	Preliminar/primário	14,0	11	0,01
3	Rio de Janeiro	ETE Alegria	2400,0	Lodos ativados	3,0	3	0
4	Belford Roxo	ETE Sarapuí	1500,0	Lodos ativados	185,8	28	0,12
5	Rio de Janeiro	ETE Pavuna	1500,0	Lodos ativados	181,8	15	0,12
6	Niterói	ETE Icaraí	1375,0	Preliminar/primário	39,8	4	0,03
7	Rio de Janeiro	ETE Penha	1200,0	Lodos ativados	30,4	8	0,03
8	Rio das Ostras	ETE Marilea	571,0	UASB	0	0	0
9	Niterói	ETE Toque – Toque	525,0	Lodos ativados	2,1	2	0
10	Cabo Frio	ETE Cabo Frio I	400,0	Preliminar/primário	0	0	0
11	Rio de Janeiro	ETE Ilha do Governador	336,5	Lodos ativados	0	0	0
12	Niterói	ETE Itaipu	295,0	Terciário	0	0	0
13	Petrópolis	ETE Quitandinha	250,0	UASB	2,9	5	0,01
14	Rio de Janeiro	ETE Deodoro	210,0	Lodos ativados	97,0	17	0,46
15	Duque de Caxias	ETE Jardim Gramacho	200,0	Lodos ativados	96,7	13	0,48
16	São Gonçalo	ETE Jardim Catarina	200,0	Outros	55,1	5	0,28
17	Araruama	ETE Ponte dos Leites	200,0	Lagoas	0	0	0
18	Campos dos Goytacazes	ETE Paraíba	180,0	Lodos ativados	42,2	7	0,23
19	Petrópolis	ETE Palatinato	160,0	UASB + polimento	2,9	5	0,02
20	Cabo Frio	ETE Cabo Frio II	160,0	Lagoas	0	0	0

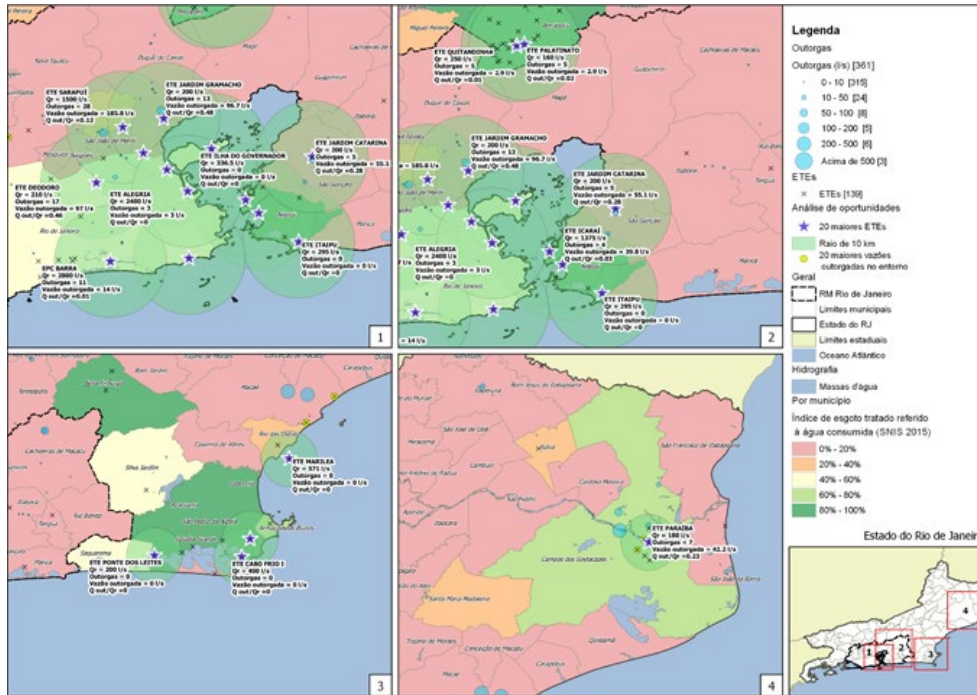
Fonte: Adaptado de ANA (2016, 2017b), INEA (2018) e GAB (2018).

Em geral, as ETEs com maiores vazões não apresentam vazões industriais relevantes em seu entorno. Nas proximidades das três maiores estações do estado, as demandas industriais são desprezíveis, permanecendo abaixo de 15 l/s. No entanto, para as ETEs Sarapuí (Belford Roxo) e Pavuna (Rio de Janeiro), detectaram-se demandas industriais dignas de nota. As estações estão próximas entre si e compartilham duas outorgas razoavelmente expressivas: uma pertencente à Bayer S/A, em Belford Roxo (56 l/s), e outra à Petrobras, em Duque de Caxias (91 l/s). As ETEs Deodoro (Rio de Janeiro), Jardim Gramacho (Duque de Caxias) e Jardim Caratina (São Gonçalo) possuem vazões razoáveis (aprox. 200 l/s) e vazões no entorno que, apesar de não serem altas, são da mesma ordem de grandeza da capacidade das plantas, indicando também potencialidade da prática de reúso.

Verifica-se que diversas ETEs possuem pouca ou nenhuma demanda industrial em suas proximidades, como é o caso das EPC de Ipanema (Rio de Janeiro), EPC Barra (Rio de Janeiro), ETEs Alegria (Rio de Janeiro), Marilea (Rio das Ostras), Toque-Toque (Niterói), Cabo Frio I (Cabo Frio), Ilha do Governador (Rio de Janeiro), Itaipu (Niterói), Quitandinha (Petrópolis), Ponte dos Leites (Araruama), Palatinato (Petrópolis) e Cabo Frio II (Cabo Frio). Outras possuem vazões pouco expressivas, como as ETEs Icaraí (Niterói), Penha (Rio de Janeiro) e Paraíba (Campo de Goytacazes). As áreas nos entornos dessas estações podem ser observadas como potenciais zonas para implantação de indústrias, dado que haverá disponibilidade de efluente tratado para, após polimento adequado, utilização em processos industriais.

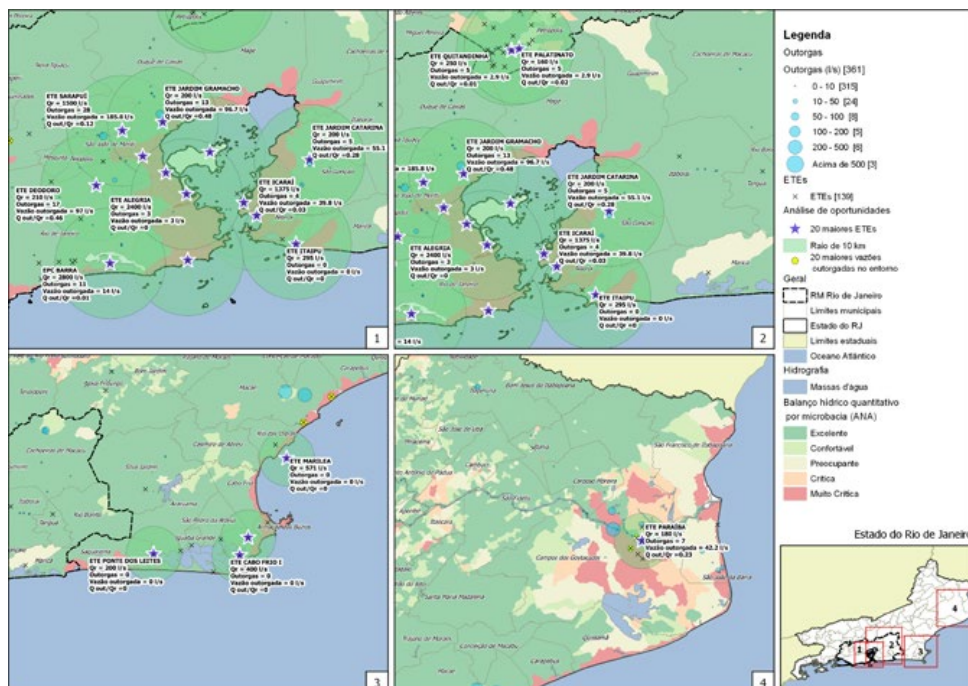
Os mapas a seguir ilustram as 20 ETEs (maiores capacidades) analisadas acima divididas nas seguintes regiões: RMRJ – centro (1); RMRJ – leste (2); região de Cabo Frio (3); e região de Campo dos Goytacazes (4).

Figura 13 – Mapa com as 20 principais ETEs em termos de Qr (vazão de referência), outorgas industriais por faixa de vazão e índice de atendimento de tratamento de esgotos referido à água consumida – principais regiões



Fonte: ANA (2016, 2017b), e SNSA/MCIDADES (2016), INEA (2018) e GAB (2018).
 Elaboração: Fukasawa (2018).

Figura 14 – Mapa com as 20 principais ETEs em termos de Qr (vazão de referência), outorgas industriais por faixa de vazão e balanço hídrico quantitativo



Fonte: ANA (2016, 2017b, 2017d), INEA (2018) e GAB (2018).
 Elaboração: Fukasawa (2018).

Do ponto de vista das 20 ETEs que possuem as maiores vazões industriais outorgadas nas proximidades, foram destacadas aquelas que possuem $Q_r \geq 50$ l/s.

Tabela 27 – ETEs com as 20 maiores vazões outorgadas no entorno

Nº	Município	ETE	Q_r (l/s)	Processo	Q_{out} (l/s)	Nº de outorgas	Q_{out}/Q_r
1	Volta Redonda	ETE Bugio	6,2	UASB	6389,6	15	1030,5
2	Volta Redonda	ETE Engenheiro Gil Portugal	140,0	Lodos ativados	6384,8	14	45,61
3	Volta Redonda	ETE Curral	25,0	Lodos ativados	6285,3	9	251,41
4	Volta Redonda	ETE Poço	6,7	Lodos ativados	6285,3	9	938,1
5	Volta Redonda	ETE Volta Grande IV	9,3	UASB	6147,9	9	661,07
6	Volta Redonda	ETE Santa Rita	30,0	UASB + polimento	6146,4	8	204,88
7	Nova Iguaçu	ETE Jardim Guandú	9,3	Lodos ativados	1369,7	28	147,28
8	Nova Iguaçu	ETE São Francisco de Paula II	13,9	Lodos ativados	1199,7	25	86,31
9	Rio de Janeiro	ETE Nova Cidade	32,3	Lodos ativados	1196,9	21	37,08
10	Rio de Janeiro	ETE Vila do Céu	26,5	Lodos ativados	1196,9	21	45,18
11	Nova Iguaçu	ETE Cabuçu e Laranjeiras	27,8	Lodos ativados	1196,7	31	43,05
12	Rio de Janeiro	ETE Sepetiba	60,0	Lodos ativados	645,5	9	10,76
13	Campos dos Goytacazes	ETE Guarus	40,0	UASB	506,5	9	12,66
14	Campos dos Goytacazes	ETE Chatuba	80,0	Lodos ativados	500,4	8	6,26
15	Macaé	ETE Mutum	40,0	UASB + polimento	444,2	2	11,11
16	Macaé	ETE Macaé	6,5	UASB + polimento	444,0	1	68,31
17	Resende	ETE Monet	9,0	Lodos ativados	296,9	14	32,99
18	Resende	ETE Aman	50,0	Lagoas	292,2	14	5,84
19	Resende	ETE Alegria	100,0	UASB	284,6	11	2,85
20	Resende	ETE São Caetano	4,0	UASB + polimento	284,6	11	71,14

Fonte: Adaptado de ANA (2016, 2017b), INEA (2018) e GAB (2018).

É possível observar que o panorama geral é de que as ETEs que concentram as maiores vazões em seus entornos em geral possuem baixas capacidades. As seis maiores vazões

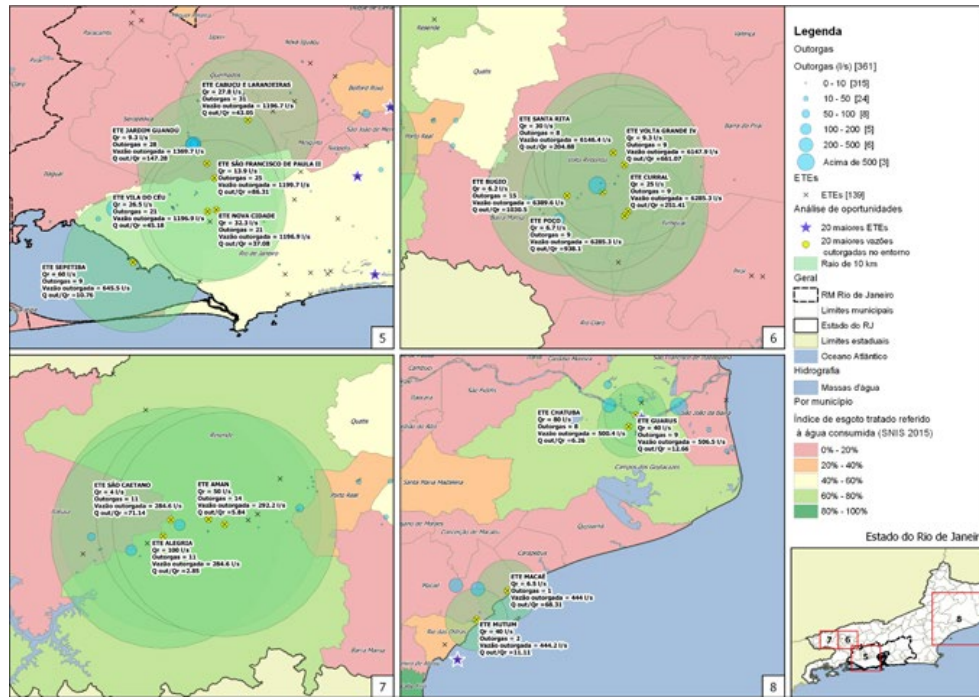
industriais outorgadas no entorno estão em Volta Redonda, justamente por conta das outorgas da CSN em Volta Redonda (6.480 l/s) e da Saint-Gobain em Barra Mansa (139 l/s). Vale destacar a ETE Engenheiro Gil Portugal (Volta Redonda), a qual possui Q_r de 140 l/s e processo de lodos ativados, que apresenta importante potencial para fornecimento de efluente tratado para produção de água de reúso.

Outras ETEs que apresentam relevância são: ETE Sepetiba (Rio de Janeiro), Chatuba (Campo dos Goytacazes) e Alegria (Resende). A ETE Sepetiba (Rio de Janeiro) possui três outorgas dignas de menção em suas proximidades: Companhia Siderúrgica do Atlântico (556 l/s), Fábrica Carioca de Catalisadores (50 l/s) e Furnas (32 l/s). A ETE Chatuba (Campo dos Goytacazes) está localizada próxima à outorga da Termoelétrica Rolugi (458 l/s) e da Purca Sínteses (28 l/s), ambas em Campo dos Goytacazes. A ETE Alegria (Resende) localiza-se próxima a outorgas razoavelmente expressivas, a saber: Spice Indústria Química (112 l/s), Votorantim Siderurgia (111 l/s), Michelin (56 l/s) e Pernod Ricard (52 l/s), todas em Resende.

As demais ETEs possuem baixas capacidades de fornecimento de efluente, apesar de possuírem vazões industriais outorgadas expressivas em seu entorno. Ao mesmo tempo, conforme se observa na Figura 15, muitas das plantas estão localizadas em municípios com índice de tratamento de esgoto inferior a 20% (Volta Redonda, Macaé e Nova Iguaçu), de 40 a 60% (Rio de Janeiro) e de 60 a 80% (Resende e Campo dos Goytacazes). Ou seja, o planejamento da futura e necessária expansão da infraestrutura de tratamento de esgotos nesses municípios pode ser balizada por, entre outras variáveis, demandas industriais detectadas e passíveis de atendimento por água de reúso não potável.

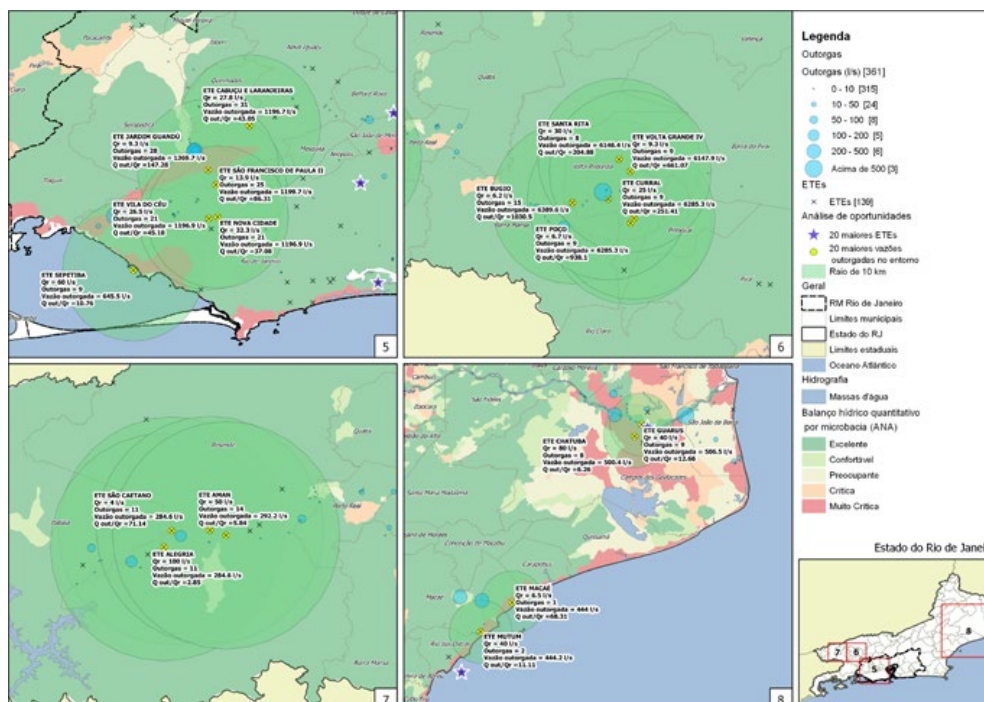
Os mapas a seguir ilustram as 20 ETEs (maiores vazões outorgadas no entorno) analisadas acima divididas nas seguintes regiões: RMRJ – oeste (5); região de Volta Redonda (6); região de Resende (7); e região de Campo dos Goytacazes e Macaé (8).

Figura 15 – Vinte principais ETEs em termos de Qout (vazão outorgada), outorgas industriais por faixa de vazão e índice de atendimento de tratamento de esgotos referido à água consumida – principais regiões



Fonte: ANA (2016, 2017b), SNSA/MCIDADES (2016), INEA (2018) e GAB (2018).
Elaboração: Fukasawa (2018).

Figura 16 – Vinte principais ETEs em termos de Qout (vazão outorgada), outorgas industriais por faixa de vazão e balanço hídrico quantitativo



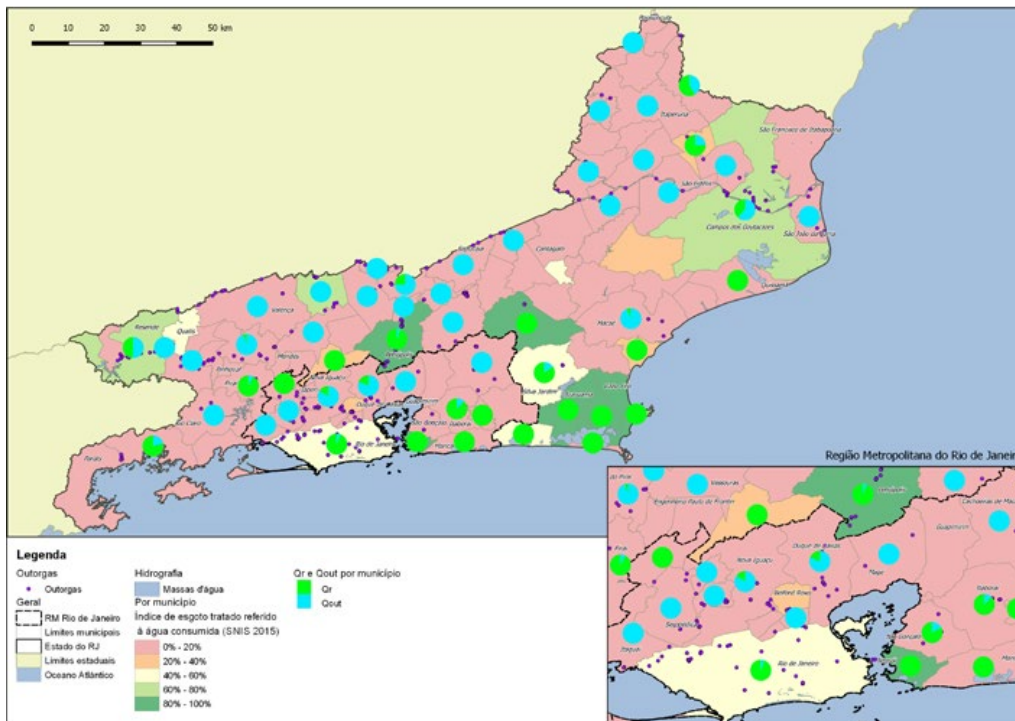
Fonte: ANA (2016, 2017b, 2017d), INEA (2018) e GAB (2018).
Elaboração: Fukasawa (2018).

2.6.2 ANÁLISE POR MUNICÍPIO

Agregando-se os dados de vazões industriais outorgadas e de vazões de referência das ETEs, chega-se à análise em nível municipal dos itens abordados neste estudo. Ainda que o objetivo do trabalho seja avaliar pontualmente as ofertas de esgoto tratado e as demandas industriais, é válida uma abordagem sucinta também na escala municipal.

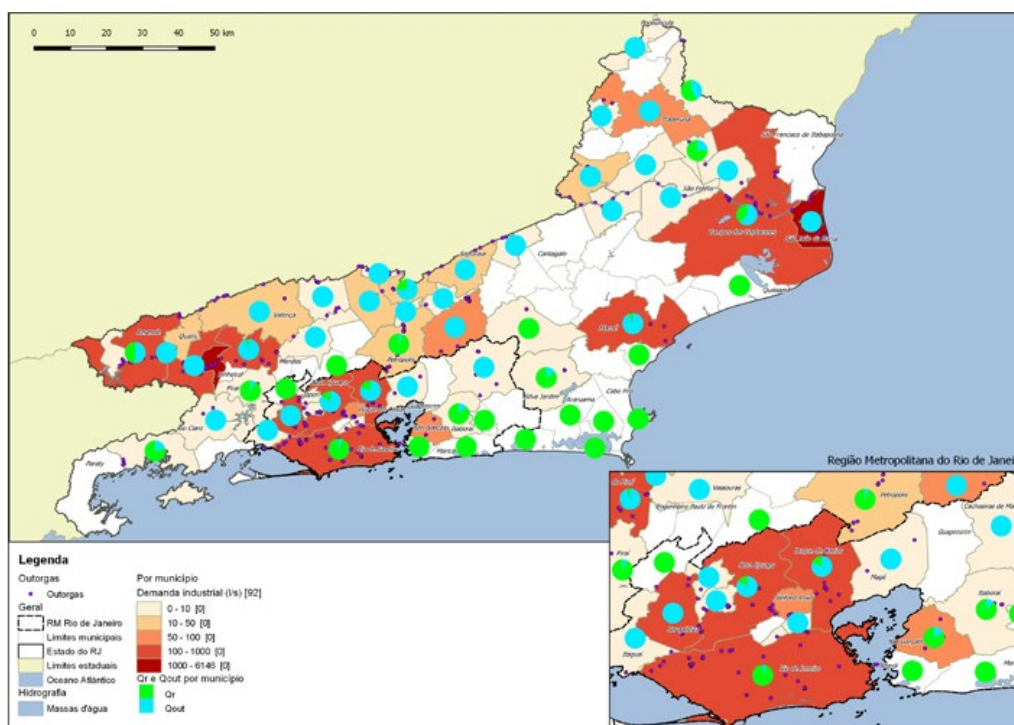
Os mapas a seguir ilustram, em forma de diagramas de setores, as proporções entre o somatório das vazões das ETEs (ΣQ_r) e das outorgas industriais (ΣQ_{out}) por município. Mostra-se de forma evidente, na Figura 17, que os municípios com baixo índice de atendimento de esgoto possuem pouca ou nenhuma vazão de esgoto tratado frente às demandas industriais. Analogamente, a Figura 18 apresenta os mesmos diagramas com o somatório das demandas industriais por faixa de vazão e município, ilustrando a preponderância das vazões demandadas pela indústria sobre a oferta de esgoto tratado para algumas regiões.

Figura 17 – Mapa com Q_r e Q_{out} agregadas por município, outorgas industriais e índice de atendimento de tratamento de esgotos referido à água consumida



Fonte: ANA (2016, 2017b), SNSA/MCIDADES (2016), INEA (2018) e GAB (2018).
Elaboração: Fukasawa (2018).

Figura 18 – Mapa com Qr e Qout agregadas por município, outorgas industriais e demanda industrial por município



Fonte: ANA (2016, 2017b), INEA (2018) e GAB (2018).
 Elaboração: Fukasawa (2018).

Os resultados completos agregados por município constam no **ANEXO B – RESULTADOS POR MUNICÍPIO**.

2.7 ANÁLISE E COMENTÁRIOS


A obtenção e a análise dos dados e a aplicação da metodologia permitiu caracterizar o estado do Rio de Janeiro em termos de recursos hídricos, saneamento básico e demandas industriais por água. Foram identificadas as ETEs existentes que possuem maior potencial de utilização de efluentes tratados, sob aspecto quantitativo, para abastecimento industrial não potável. Ainda que muitas estações não estejam localizadas em regiões com altas demandas industriais, detectaram-se áreas em que as altas ofertas de esgoto tratado de ETEs já existentes podem abastecer futuras demandas industriais e, ao mesmo tempo, regiões com altas demandas industriais e déficit de saneamento básico. No futuro, elas podem ser objeto de planejamento casado entre infraestrutura de tratamento de esgoto e desenvolvimento industrial.

De forma sumarizada, apontam-se as principais conclusões oriundas dos resultados do estudo para o estado do Rio de Janeiro.

- **Disponibilidade hídrica:** em geral, quase todas as microbacias hidrográficas do estado são avaliadas como “excelente” ou “confortável” pela ANA. No entanto, nas áreas mais densamente habitadas e/ou com maior representatividade da indústria, como RMRJ, Macaé e região de Campo de Goytacazes e São João da Barra, há presença de diversas bacias em situação “crítica” e “muito crítica”, principalmente em áreas mais próximas à costa;
- **Saneamento básico:** a abrangência de tratamento de esgotos do estado é 33% (SNIS 2016) e sempre inferior a 60% para todos os municípios da RMRJ. Dos 92 municípios, 70 deles possuem índice até 20% de atendimento, incluindo 17 cidades da RMRJ. Somado a isso, a maior parcela (45%) do esgoto tratado no estado é submetido somente a processo preliminar/primário, principalmente em razão da EPC Ipanema e EPC Barra (ambas na capital), as quais somam quase 40% de toda a vazão estadual. Evidencia-se, portanto, a necessidade de ampliação da capacidade de tratamento conjuntamente com a sofisticação dos processos de tratamento. Ao mesmo tempo, o processo de lodo ativados, indicativo de melhor infraestrutura de tratamento, também possui alta representatividade no estado (43%), principalmente em razão das ETEs Alegria (Rio de Janeiro), Pavuna (Rio de Janeiro) e Sarapuí (Belford Roxo);
- **Indústria:** em termos de número de empregos industriais, os principais municípios são Rio de Janeiro, Macaé, Duque de Caxias, Volta Redonda e Nova Friburgo. Já os valores de PIB industrial mais altos se concentram no Rio de Janeiro, Carapebus, Cabo Frio, Rios das Ostras e Macaé. Os setores que mais empregam no estado são de confecção de artigos do vestuário e acessórios (classe 14), fabricação de produtos alimentícios (classe 10) e coleta, tratamento e disposição de resíduos e recuperação de materiais (classe 38). No entanto, em representatividade de PIB, os setores mais importantes são os de extração de petróleo e gás (classe 6), fabricação de coque e derivados do petróleo (classe 19) e metalurgia (classe 24) (CNI, 2014). A detecção das demandas industriais por meio de outorgas (**item 2.3**) identificou que esses setores estão também entre os que mais demandam água no estado;
- **Panorama geral de oportunidades de reúso industrial por ETE:** em geral, as demandas industriais mais expressivas não estão localizadas próximas às ETEs existentes com maior capacidade de tratamento. As maiores demandas encontram-se em Volta Redonda, São João da Barra, Rio de Janeiro, Duque de Caxias e Macaé. Por sua vez as maiores ofertas de esgoto tratado encontram-se no Rio de Janeiro, Niterói, Belford Roxo, Petrópolis e Rio das Ostras. No caso da capital, ainda que as demandas industriais sejam representativas, os usuários estão espalhados pelo

município e detêm outorgas de vazões menores. Abaixo, segue relação das ETES por condição de oferta x demanda detectada no estudo:

- » **ETEs com altas vazões e altas demandas industriais no entorno.** Os pontos de intersecção oferta *versus* demanda mais relevantes localizam-se em RMRJ e são: ETES Sarapuí (Belford Roxo), Pavuna (Rio de Janeiro), Deodoro (Rio de Janeiro) e Jardim Catarina (São Gonçalo);
- » **ETEs com vazões médias e altas demandas industriais no entorno.** As estações com altas demandas industriais nas proximidades e vazões médias de tratamento são: ETES Engenheiro Gil Portugal (Volta Redonda), Sepetiba (Rio de Janeiro), Chatuba (Campo dos Goytacazes) e Alegria (Resende); e
- » **ETEs com altas vazões e baixas ou nenhuma demanda industrial no entorno.** Há ETEs com importantes vazões e sem registros relevantes de demandas industriais, informação que pode basear o desenvolvimento de polos industriais a serem abastecidos por água de reúso a partir dos efluentes tratados. Nesse quesito, destacam-se a EPC de Ipanema (Rio de Janeiro), EPC Barra (Rio de Janeiro), ETES Alegria (Rio de Janeiro), Marilea (Rio das Ostras), Toque-Toque (Niterói), Cabo Frio I (Cabo Frio), Ilha do Governador (Rio de Janeiro), Itaipu (Niterói), Quitandinha (Petrópolis), Ponte dos Leites (Araruama), Palatinato (Petrópolis) e Cabo Frio II (Cabo Frio). Outras, possuem vazões pouco expressivas, como as ETES Icaraí (Niterói), Penha (Rio de Janeiro) e Paraíba (Campo de Goytacazes).
- **ETEs com baixas vazões e altas demandas industriais no entorno:** há incidência de ETES localizadas em áreas que concentram altas demandas industriais, mas com baixas vazões de tratamento, o que indica a possibilidade da ampliação da capacidade das plantas considerando-se possível atendimento às demandas próximas. Destacam-se nesse aspecto as ETES Bugio (Volta Redonda), Curral (Volta Redonda), Poço (Volta Redonda), Volta Grande IV (Volta Redonda), Santa Rita (Volta Redonda), Jardim Guandú (Nova Iguaçu), Papa Francisco de Paula II (Nova Iguaçu), Nova Cidade (Rio de Janeiro), Vila do Céu (Rio de Janeiro), Cabuçu e Laranjeiras (Nova Iguaçu), Guarus (Campo de Goytacazes), Mutum (Macaé), Monet (Resende), Aman (Resende) e São Caetano (Resende).



Os custos atribuídos ao reúso de água são exclusivamente os custos marginais associados às unidades de tratamento, à distribuição e à reservação complementares necessárias para obtenção e uso de água de reúso com qualidade compatível com usos industriais não potáveis.

3 CUSTOS ATRIBUÍDOS A SISTEMAS DE REÚSO

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A estimativa de custos foi realizada, dentro do escopo da primeira etapa do estudo (CNI, 2017), para a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), tendo como base o panorama de saneamento local e custos da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) e visa a apresentar cenários possíveis de infraestrutura genérica e viável a ser projetada para o fornecimento de água de reúso não potável para fins industriais, bem como estimar o Capex (custos de capital – *capital expenditures*) e o Opex (custos de operação e manutenção – *operational expenditures*) associados a e respectivos custos médios finais, de forma a orientar tanto os clientes consumidores (industriais) quanto as empresas fornecedoras dos serviços de suprimento de água de reúso para viabilizar a implantação de eventuais distritos industriais nos diversos municípios, ou grupos de municípios, do Brasil.

Uma vez que a estimativa foi elaborada tendo essencialmente como base uma região específica (RMSP) e a experiência de custos da concessionária local, estudos específicos devem ser conduzidos para cada área a ser mais profundamente analisada. Ainda assim, os resultados aqui obtidos podem ser utilizados como referência para o subsídio a estudos em outras regiões brasileiras.

Os custos atribuídos ao reúso de água são exclusivamente os custos marginais associados às unidades de tratamento, à distribuição e à reservação complementares necessárias para obtenção e uso de água de reúso com qualidade compatível com usos industriais não potáveis. Os custos primários associados aos sistemas de tratamento convencionais de esgotos não podem ser atribuídos ao reúso de água, pois são legalmente



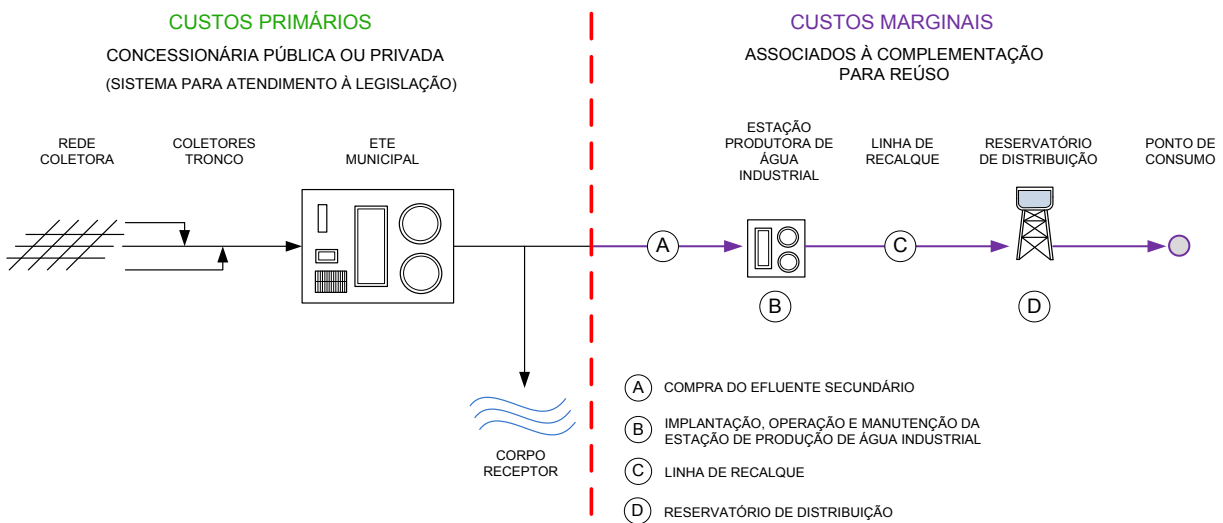
necessários para o atendimento aos padrões de emissão estabelecidos pelas Portarias CONAMA 357 e 430, e legislações estaduais.

Portanto, para a estimativa de Capex e Opex, são elencados os seguintes custos:

- **Aquisição do efluente tratado:** compra do efluente tratado pela concessionária;
- **Tratamento complementar para adequação da qualidade:** adequação do efluente às exigências de qualidade para uso não potável industrial;
- **Linha primária de distribuição:** transporte de água de reúso até as proximidades dos pontos de uso; e
- **Reservação final:** reservação da água de reúso nas proximidades dos pontos de uso.

A Figura 19 ilustra, de maneira esquemática, as etapas elencadas na composição de custos.

Figura 19 – Custos primários e marginais associados ao reúso



Fonte: CNI (2017).

A estimativa de custos desse estudo foi realizada considerando-se as etapas “B”, “C” e “D”, uma vez que a aquisição de efluente tratado (“A”) é dependente de condições específicas de cada concessionária e do arranjo contratual com o produtor de água de reúso. Para a composição total de valores considerando-se o custo A, basta somar seu valor, em R\$/m³, aos resultados obtidos pela estimativa.

Uma vez que as principais estações da RMSF são compostas por sistemas biológicos secundários de lodos ativados convencional, optou-se pela adaptação das plantas para que produzam efluentes com qualidade adequada para uma grande maioria de tipos de

reúso¹¹. Essa adaptação, que praticamente não envolve obras civis, consiste na instalação de unidades de membranas de ultrafiltração nas próprias câmaras de aeração dos sistemas de lodos ativados ou em câmaras adjacentes à câmara de aeração.

Na ausência de infraestrutura de tratamento de esgotos em locais onde se pretende implantar a prática de reúso de água, deverão ser avaliados os custos relativos à implantação de sistemas completos de tratamento, cujas concepções de projeto dependem de condições e disponibilidades locais. Para outros sistemas de tratamento existentes, como lagoas de estabilização ou filtros biológicos etc., deverão ser estudados sistemas complementares de tratamento tais como filtros de areia ou sistemas de membranas de ultrafiltração, dependendo da qualidade da água de reúso a ser produzida.

3.2 CONCEPÇÃO DO PROJETO GENÉRICO

O projeto genérico para estimativa de custos foi realizado, primeiramente, com base em diferentes vazões, distâncias de distribuição e volumes de reservação final. Adotaram-se vazões de 50 a 500 l/s e linhas de distribuição com comprimento total de 9,0 a 13,0 km, havendo sempre trecho por recalque (variando de 4,0 a 8,0 km) e por conduto forçado por gravidade (5,0 km).

Os diversos cenários de distribuição foram calculados para os diâmetros econômicos de recalque e diâmetro da adutora por gravidade que garantam que a perda de carga não ultrapasse a 15 mca¹² em toda a sua extensão, garantindo-se sempre residual de pressão mínimo de 15 mca no ponto de consumo.

Em suma, as variáveis aplicadas à modelagem são:

- **Vazões (Q):**
 - » $Q_1 = 50 \text{ l/s}$
 - » $Q_2 = 100 \text{ l/s}$
 - » $Q_3 = 200 \text{ l/s}$
 - » $Q_4 = 500 \text{ l/s}$
- **Linha de distribuição:**
 - » **Trecho de recalque:**
 - › $L_{R1} = 4,0 \text{ km}$
 - › $L_{R2} = 8,0 \text{ km}$

11 Estipulou-se qualidade de água de reúso como aquela suficiente para uso em torres de resfriamento.

12 MCA: metro de coluna d'água, unidade de pressão comumente utilizada em projetos de saneamento e hidráulica.

- › Material da tubulação: ferro fundido dúctil K9¹³
- › Perdas de carga com SK_s ¹⁴ (sucção) = 2,25 e SK_s (recalque) = 9,3 para ambas as extensões
- › Desnível geométrico (H_g ¹⁵) = 50,0 m
- » **Trecho de conduto forçado por gravidade:**
 - › L_c = 5,0 km
 - › Material da tubulação: ferro fundido dúctil K9
 - › Perdas de carga com SK_s = 9,0
 - › Desnível geométrico (H_g) = 30,0 m
- **Reservatório de distribuição:**
 - » Para Q = 50 l/s, volume de 500 m³
 - » Para Q = 100 l/s, volume de 1.000 m³
 - » Para Q = 200 l/s, volume de 1.500 m³
 - » Para Q = 500 l/s, volume de 2.000 m³

Portanto, a associação entre as diferentes variáveis leva à criação de oito cenários distintos, como segue na tabela abaixo.

Tabela 28 – Cenários para estimativas de custos

Vazão (l/s)	Linha de distribuição			Reservatório de distribuição (m ³)
	Trecho de recalque (km)	Trecho por gravidade (km)	Comprimento total (km)	
50	4,0	5,0	9,0	500
	8,0		13,0	
100	4,0	5,0	9,0	1.000
	8,0		13,0	
200	4,0	5,0	9,0	1.500
	8,0		13,0	
500	4,0	5,0	9,0	2.000
	8,0		13,0	

Fonte: CNI (2017).

13 K9: nomenclatura indicativa da classe de pressão do tubo.

14 SK_s : somatório dos coeficientes singulares de perda de carga hidráulica, valor utilizado no cálculo das perdas de energia em tubulações em carga.

15 Desnível geométrico: diferença de cota (altura) entre o nível d'água inicial e final de uma linha de distribuição.

3.3 ESTIMATIVAS DE CAPEX

3.3.1 ADAPTAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE LODOS ATIVADOS

A adaptação de sistemas de lodos ativados convencional a sistemas de biomembranas (MBRs¹⁶) foi considerada como a instalação de sistemas de membranas completos, incluindo as membranas de ultrafiltração com poros de $0,035 \mu\text{m}$ ¹⁷, estruturas de suporte, válvulas, controles, bombas de lóbulo, medidores de vazão e sopradores (Puron Pulsion MBR, fibra oca, Koch Membrane Systems-KMS) estimados por preços unitários, conforme as vazões referidas para este estudo. A avaliação dos preços das estações produtoras de água de reúso completas foi realizada em função das vazões médias produzidas e traduzidas em R\$/m³ tratado por ano.

O valor médio de Capex foi estimado por meio de extrapolação matemática considerada a partir dos dados, os quais são oriundos de estações já implantadas, apresentados na Tabela 29:

Tabela 29 – Dados de base para estimativa de Capex em função da vazão

Vazão L/s	8,76	21,90	43,81	219,04	438,08
Vazão (m ³ /d)	757,00	1.892,50	3.785,00	18.925,00	37.850,00
Vazão (m ³ /ano)	276.305	690.763	1.381.525	6.907.625	13.815.250
Capex (R\$)	R\$ 1.174.824	R\$ 1.814.184	R\$ 2.946.384	R\$ 10.954.368	R\$ 20.571.408
R\$/m ³	4,25	2,63	2,13	1,59	1,49

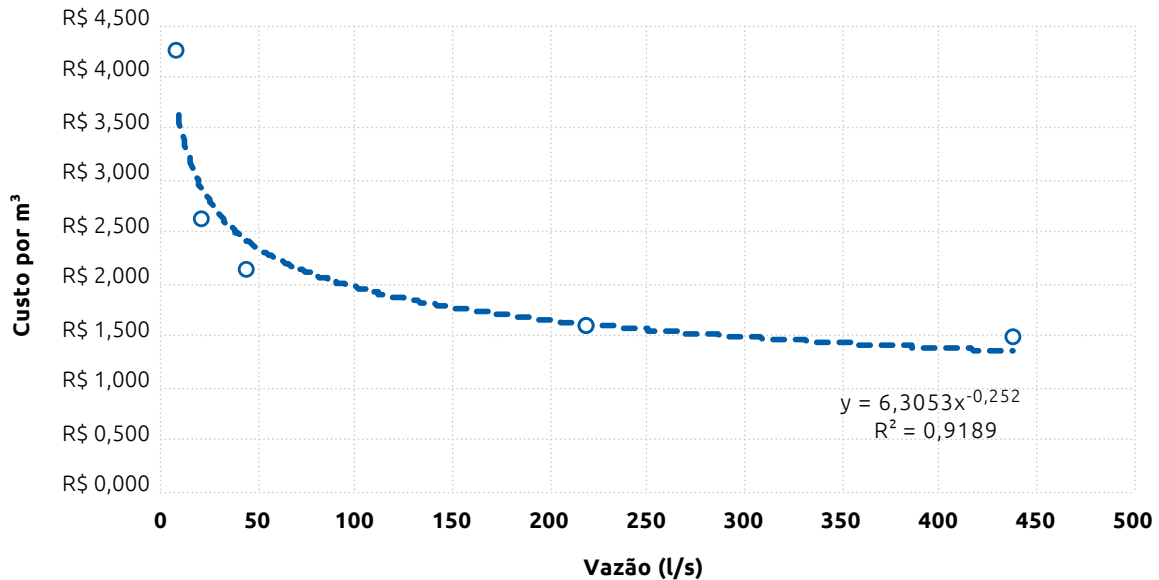
Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Da Tabela 29 foram segregados os valores de custo de capital relacionados com a vazão e seu indicador de R\$/m³. Com base nos dados de vazões e respectivos custos unitários dos investimentos para a construção, o fornecimento e a montagem dos equipamentos (membranas, bombas, instrumentações, medidores etc.), foi gerado o gráfico mostrado na Figura 20 com a respectiva equação de aderência aos dados e seu coeficiente de determinação, R².

16 MBR: *Membrane Bioreactor*

17 μm : micrômetro, unidade de medida de comprimento equivalente à milionésima parte de um metro.

Figura 20 – Gráfico dos custos de capital correspondentes à adaptação de ETEs existentes para produção de água de reúso (R\$/m³)



Fonte: Adaptado de CNI (2017).

Portanto, a curva de custo unitário de capital adotada é:

$$\text{Custo unitário CAPEX (R\$/m}^3\text{)} = 6,3056 \times [Q(\text{l/s})]^{-0,252}$$

3.3.2 SISTEMA ELEVATÓRIO E OBRAS LINEARES

Para a avaliação dos custos de implantação de um projeto, mesmo que de forma genérica, para cada sistema de bombeamento e respectiva linha de recalque, devem ser considerados os diversos fatores que influenciam em seus custos finais. Os fatores intervenientes que afetam o custo de implantação de um projeto são os listados a seguir:

- Vazões de projeto;
- Extensões da adutora (recalque);
- Tipos de bombas;
- Volumes de reservatórios;
- Desníveis geométricos;
- Preços das tubulações especificadas;
- Preços e materiais utilizados na execução das obras lineares;
- Profundidades das valas projetadas;
- Metodologias de execução;
- Tipo do solo, existência de rocha, charco etc.;

- Local da execução da obra;
- Interferências com outras infraestruturas,
- Tipos de pavimentos (asfalto, terra, etc.) e
- Preço médio da energia elétrica industrial.

Dessa forma, a definição do binômio potência do conjunto motor-bomba e o respectivo diâmetro das linhas de recalque é fundamentalmente dependente dos preços e de outros aspectos físicos indicados anteriormente. Assim, a melhor maneira para se definir o binômio “potência instalada e diâmetro” da linha de recalque é a definida pela metodologia do diâmetro econômico de “Bresse” aliado à pesquisa de outros binômios (potência x diâmetro) próximos ao diâmetro econômico definido por “Bresse”. Sendo assim, para a definição final do sistema mais econômico, comparam-se os custos de implantação e os gastos de operação, no horizonte do projeto, trazidos ao valor presente. Deste modo, aquele binômio (potência x diâmetro) que apresentar o menor valor presente será o escolhido para ser detalhado em projeto básico e executivo.

3.3.2.1 INSTALAÇÕES ELEVATÓRIAS

Os preços das instalações elevatórias completas, incluindo obras civis e eletromecânicas, foram estimados em função das vazões médias a serem desenvolvidas em cada cenário. Portanto, os custos relativos a cada uma das vazões definidas são, conforme a equação a seguir, aderentes à faixa de vazão 50 até 500 l/s.

$$\text{Custo} = Q(l/s) \times 2450 \times \left(\frac{Q(l/s)}{500} \right)^{-0,32}$$

$$\text{Custo atual} = \text{Custo (2010)} \times (1,00 + 0,50)$$

Nota: Essa equação foi desenvolvida pelo eng. Lineu A. de Almeida com base na média de preços das instalações elevatórias, de diversas vazões, contratadas pela Sabesp, com l₀ de junho de 2010 e considerado atualização monetária de 50% para recomposição de preços.

3.3.2.2 LINHA DE RECALQUE E ADUTORA POR GRAVIDADE

Foram considerados variados tipos de escoramentos e uma porcentagem de asfalto para a definição dos preços médios de fornecimento e instalação das obras lineares, além de profundidade máxima das valas de até 2,50 m, conforme segue:

Tabela 30 – Estimativa de custos para obras lineares

Diâmetro	Material	Tipo de Escoramentos					Asfalto extensão total	Preços médios (R\$/m)
		Sem	Pontaletes	Descontínuo	Contínuo	Total		
50	PVC	0,80	0,17	0,03	0,00	100%	40%	86,67
75	HD - K9	0,80	0,17	0,03	0,00	100%	40%	314,76
100	HD - K9	0,70	0,25	0,05	0,00	100%	40%	340,34
150	HD - K9	0,70	0,22	0,08	0,00	100%	40%	430,98
200	HD - K9	0,40	0,30	0,20	0,10	100%	40%	563,14
250	HD - K9	0,30	0,25	0,25	0,20	100%	40%	727,13
300	HD - K9	0,10	0,10	0,40	0,40	100%	40%	883,37
400	HD - K9	0,00	0,25	0,35	0,40	100%	40%	1.159,90
500	HD - K9	0,00	0,15	0,35	0,50	100%	40%	1.541,20
600	HD - K9	0,00	0,00	0,45	0,55	100%	40%	2.035,31
700	HD - K9	0,00	0,00	0,40	0,60	100%	40%	2.761,35
800	HD - K9	0,00	0,00	0,40	0,60	100%	40%	3.320,49
900	HD - K9	0,00	0,00	0,35	0,65	100%	40%	3.861,69
1000	HD - K9	0,00	0,00	0,30	0,70	100%	40%	4.420,61

Nota: Os preços desenvolvidos estão fundamentados com base na média de preços de diversas obras lineares, contratadas pela Sabesp, com I₀ de junho de 2010 e considerada uma atualização monetária 50% para recomposição de preços.

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

3.3.3 RESERVATÓRIOS DE DISTRIBUIÇÃO

Os preços dos reservatórios de distribuição foram considerados em função das vazões médias a serem desenvolvidas em cada cenário. Assim, os custos são, conforme a equação a seguir, aderentes para volumes variando de 100 m³ até 2.000 m³.

$$Custo(2010) = [Volume \times 448 \times \left(\frac{Volume}{500}\right)^{-0,37} + (Volume)^{1,465}]$$

$$Custo\ atual = Custo\ (2010) \times (1,00 + 0,50)$$

Nota: Essa equação foi desenvolvida pelo engenheiro Lineu A. de Almeida com base na média de preços de diversos reservatórios, diversos volumes, contratados pela Sabesp, com I₀ de junho de 2010 e considerada uma atualização monetária de 50% para recomposição de preços.

3.4 ESTIMATIVAS DE OPEX

3.4.1 ENERGIA ELÉTRICA

O insumo energia elétrica é fator de grande influência sobre a composição de custos. Sendo assim, realizou-se levantamento das tarifas de distribuição das diversas fornecedoras e buscou-se um valor médio, de forma a não restringir a avaliação a uma reduzida área de atuação. Além disso, com base no valor médio utilizado no trabalho e o adotado em cada região, pode-se ponderar, de forma mais precisa, o custo da energia.

Foram utilizadas tarifas praticadas pelas principais distribuidoras das regiões Sudeste e Centro-Oeste para a classe industrial, a valores de outubro de 2015, com reajuste para abril de 2016.

Tabela 31 – Valores utilizados para composição de tarifa média de energia elétrica

Distribuidora	Tarifa (R\$/MWh)
ESCELSA	454,62
CPFL Sta. Cruz	454,22
CEMIG	445,72
CPFL Paulista	437,95
Energisa MS	430,35
Energisa MG	430,24
ELEKTRO	427,24
CPFL - Piratininga	419,77
COPEL	412,27
Vale do Parapanema	400,08
Caiua	397,59
Light	395,76
CPFL Leste Paulista	390,30
CPFL Mococa	390,28
Bandeirante	388,32
Bragantina	385,04
Eletropaulo	378,04
CPFL Sul Paulista	365,66
Média	411,30
Revisão Tarifária de abril/2016	6,560%
Média corrigida para o período abril/16	438,28

Fonte: Páginas das concessionárias. Tarifas vigentes em outubro de 2015.

Portanto, adotou-se, para estimativa dos custos com energia elétrica, valor de **R\$ 0,43828/kWh**.

3.4.2 ADAPTAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE LODOS ATIVADOS

Com base nos dados de vazões e respectivos custos unitários de O&M (Tabela 32), exceto gastos de energia elétrica, é gerado o gráfico mostrado na Figura 21 com a respectiva equação de aderência aos dados fornecidos.

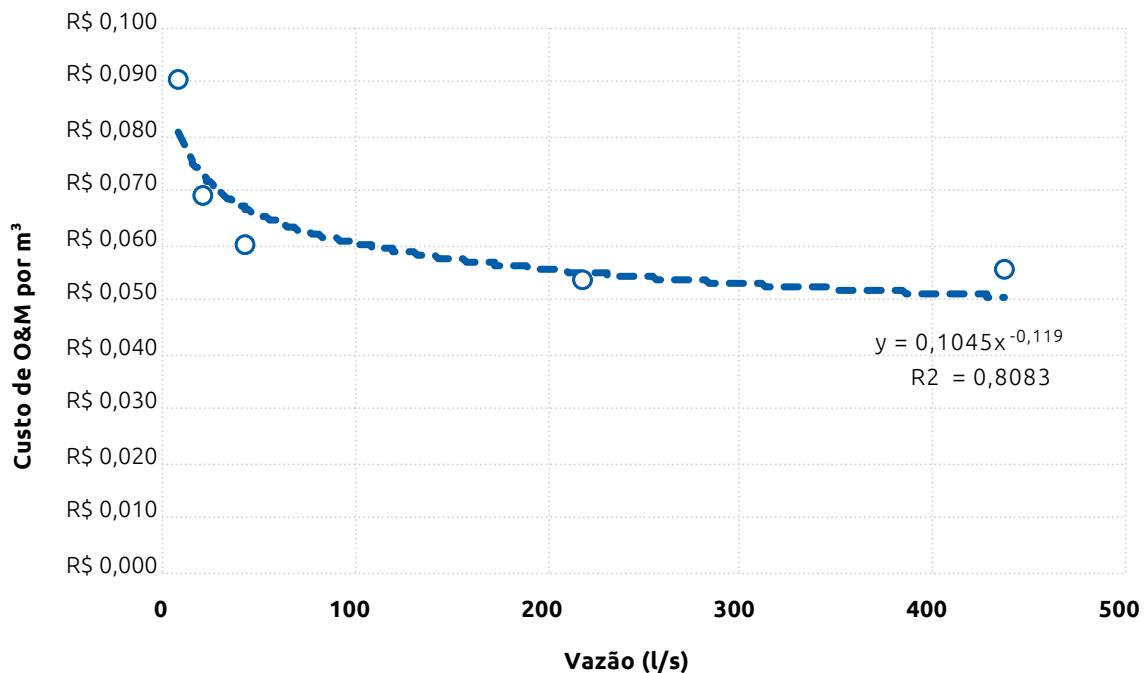
Tabela 32 – Dados de base para estimativa de Opex em função da vazão

Vazão L/s	8,76	21,90	43,81	219,04	438,08
Vazão (m³/d)	757,00	1.892,50	3.785,00	18.925,00	37.850,00
Vazão (m³/ano)	276.305	690.763	1.381.525	6.907.625	13.815.250
Opex (R\$/ano)	R\$ 298.368	R\$ 570.096	R\$ 985.680	R\$ 4.406.256	R\$ 9.116.208
R\$/m³	1,08	0,83	0,71	0,64	0,66
Valor de reposição de membranas	R\$ 53.280	R\$ 133.200	R\$ 266.400	R\$ 1.297.368	R\$ 2.586.744

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

O gráfico abaixo dispõe a correlação entre vazão (l/s) e Opex (R\$/m³) a partir dos dados da Tabela 32, bem como apresenta a curva de tendência e sua respectiva aderência (coeficiente de determinação, R²).

Figura 21 – Gráfico dos custos de operação e manutenção correspondentes à adaptação de ETEs existentes para produzir água de reúso (R\$/m³)



Fonte: Adaptado de CNI (2017).

A curva de custo unitário de O&M adotada é:

$$\text{Custo Unitário ETAR O\&M (R\$/m}^3) = 0,1045 \times [Q(l/s)]^{-0,119}$$

Nota: Para cada cenário, de acordo com o porte, a O&M da estação será variável e composta pelo consumo de produtos químicos, da manutenção propriamente dita e dos custos de pessoal.

O consumo de energia elétrica foi considerado à parte, com valor fixo de **1,10 KWh/m³ tratado**.

3.4.3 SISTEMA ELEVATÓRIO

Os custos de operação do sistema elevatório foram estimados a partir das seguintes premissas:

- Salário mais encargos para um empregado = R\$ 2.500 / mês;
- Verba para manutenção = R\$ 0,01 /m³ bombeado; e
- O custo total mensal em função da potência instalada necessária para cada cenário e da vazão bombeada.

Nota: Para cada cenário, de acordo com o porte, a O&M da estação elevatória será variável e os custos de pessoal será considerado fixo. O consumo de energia elétrica está considerado a parte.

Assumiu-se a necessidade de um empregado para operar e manter a estação elevatória e correr as linhas adutoras para executar manobras, revisar peças e acessórios e manter limpas as áreas e faixas das adutoras e reservatório de distribuição.

3.5 PLANO DE NEGÓCIO

Considerou-se para avaliação do plano de negócio período de exploração dos serviços de projetos associados de água de reúso de 30 anos.

- A taxa de atratividade definida em **12% aa**;
- Demais impostos com alíquotas normais: PIS/COFINS **9,25%** e I.R e CSLL de **34%**;
- Desconsiderados impostos do tipo ISS;
- A taxa de contribuição para agência reguladora estimada em **0,5%**; e
- A depreciação considerada em 30 anos e a execução integral das obras se dará no primeiro ano e a operação inicia-se a partir do segundo ano.

Os custos estimados para cada um dos oito cenários levam em consideração aplicação de tarifa que iguala a Taxa Interna de Retorno (TIR) do projeto à taxa de atratividade considerada, resultando no Valor Presente Líquido (VPL) igual a zero. Também se considerou

que toda a água de reúso será vendida. Neste caso, o “pay-back” será de 30 anos e o ganho da empresa que explorará o serviço da água de reúso terá o ganho de capital de 12% a.a. igual à taxa de atratividade.

Nota: Caso a tarifa média praticada seja superior ao custo calculado, a TIR do projeto será superior à taxa de atratividade, o VPL do projeto será positivo e o plano de negócio será mais atrativo aos investidores, tendo sua viabilidade melhorada.

3.6 RESULTADOS

Os valores de **Capex** (investimento total, incluindo a adaptação das ETEs de lodos ativado e as linhas de adução com recalque e reservatórios de distribuição) apresentados a seguir se referem aos investimentos no ano 1, enquanto as reposições estão consideradas ao longo do tempo.

Observação: Os custos a seguir, nos diversos cenários, não incluem o preço por m³ fornecido do efluente da planta de tratamento de esgotos por lodos ativados. Para estimar o custo total e final considerando-se essa etapa, o valor deverá ser somado aos valores estimados neste estudo.

Os custos estimados por cenário foram divididos conforme o comprimento total da linha de distribuição, sendo:

- Alternativa A: linha de recalque 4,0 km e linha por gravidade 5,0 km; e
- Alternativa B: linha de recalque 8,0 km e linha por gravidade 5,0 km

Portanto, cada alternativa engloba quatro cenários distintos, conforme tabela abaixo.

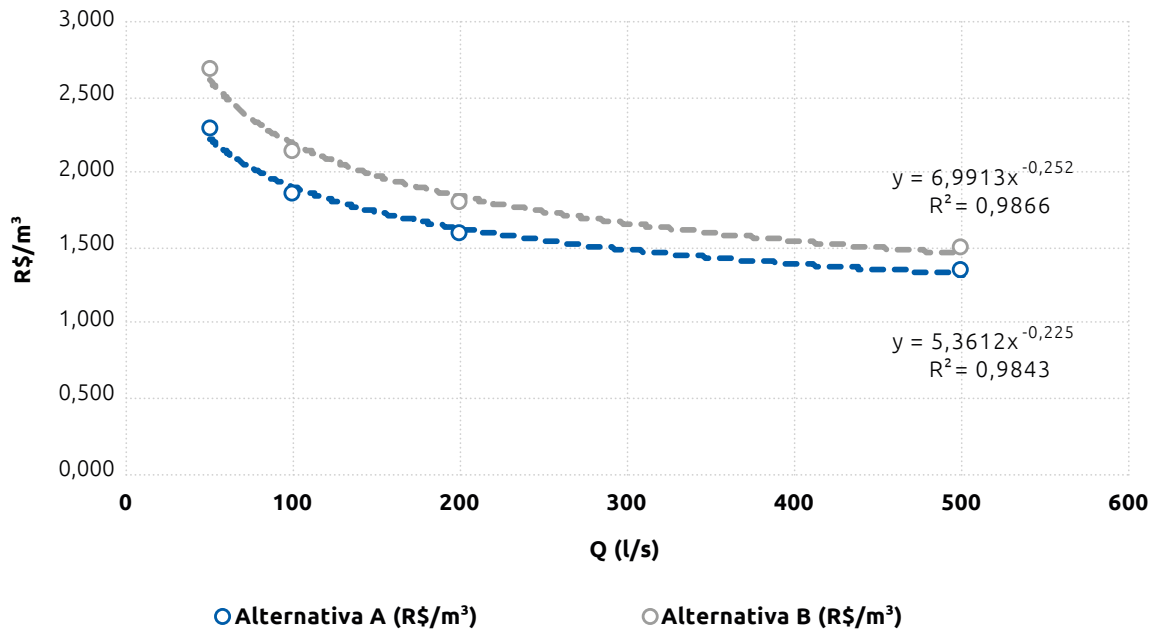
Tabela 33 – Custos estimados relativos ao sistema de reúso completo

Vazão (l/s)	Alternativa A (R\$/m ³)	Alternativa B (R\$/m ³)
50	2,283	2,682
100	1,866	2,142
200	1,586	1,794
500	1,357	1,496

Fonte: CNI (2017).

O gráfico abaixo dispõe a correlação entre vazão (l/s) e custos totais (R\$/m³) a partir dos dados da Tabela 33, bem como apresenta a curva de tendência e sua respectiva aderência (coeficiente de determinação, R²) para cada uma das alternativas.

Figura 22 – Gráfico dos custos estimados relativos ao sistema de reúso completo



Fonte: CNI (2017).

As equações de custos estimadas em **R\$/m³** e para cada uma das alternativas nos intervalos de vazões estudadas são apresentadas a seguir:

Alternativa A:

$$Custo = 5,361 \times [Q]^{-0,225}$$

Alternativa B:

$$Custo = 6,9913 \times [Q]^{-0,252}$$

3.7 RESUMO E COMENTÁRIOS

Abaixo é apresentado o resumo dos resultados obtidos das estimativas de Capex e Opex do sistema completo de reúso para cada vazão considerada e para as alternativas de adutoras com as respectivas unidades de recalque e reservatórios de distribuição.

Tabela 34 – Resumo dos custos estimados de Capex e Opex para os cenários propostos

Cenário (l/s)	Linha de distribuição			Reservatório de distribuição (m³)	Capex (R\$)	Opex (R\$/ano)	Custo (R\$/m³)
	Trecho de recalque (km)	Trecho por gravidade (km)	Comprimento total (km)				
50	4	5	9	500	11.670.950	1.095.265	2,283
	8		13		14.579.468	1.148.949	2,682
100	4	5	9	1000	16.579.354	2.199.339	1,866
	8		13		20.112.851	2.358.622	2,142
200	4	5	9	1500	25.808.257	4.109.659	1,586
	8		13		31.973.075	4.205.003	1,794
500	4	5	9	2000	44.991.535	10.468.610	1,357
	8		13		53.132.787	11.003.443	1,496

Fonte: CNI (2017).

Os valores estimados e resumidos na tabela acima contemplam os custos “B”, “C” e “D” (vide Figura 19). O custo “A”, relativo à compra de efluente secundário, dependerá de fatores de arranjo institucional, contrato de vazões e regulação da qualidade. Mesmo que se trate de um efluente ainda a ser submetido a tratamento, é fundamental que haja segurança nas quantidades e nas qualidades fornecidas à produção de água industrial, permitindo a constância no fornecimento do produto às indústrias. Dessa maneira, é importante que o efluente secundário seja entendido como objeto sujeito a regulação contratual.

Torna-se evidente que o valor por m³ decresce conforme aumentam as vazões tratadas, tornando sistemas de 500 l/s economicamente mais viáveis que os de 50 l/s, por exemplo. Ao mesmo tempo, o custo, assim como é esperado, aumenta significativamente com o acréscimo de distância de distribuição da água, o que pode ser observado pelo distanciamento entre as curvas das alternativas “A” e “B”. As equações de curva exponenciais da correlação vazão x R\$/m³ podem ser utilizadas para interpolações e consequente determinação do resultado da função para valores intermediários não previstos neste estudo. A lógica aplicada poderá também ser expandida para outras vazões e considerações iniciais (distâncias, capacidades de reserva etc.), chegando-se a novas curvas e equações e, consequentemente, modelagens distintas.



REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Banco de dados sobre ETEs estaduais e municipais com abrangência nacional**: ano base 2013. Brasília: ANA, 2016.

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

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Planilha de outorgas federais emitidas**. ANA, 2017b. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/regulacao/principais-servicos/outorgas-emitidas>. Acesso em: 14 set. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Programa de consolidação do pacto nacional pela gestão das águas (PROGESTÃO)**. 2017c. Disponível em: <http://progestao.ana.gov.br>. Acesso em: 2 nov. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Balanco hídrico quantitativo**. 2017d. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/snirh/snirh-1/aceso-tematico/balanco-hidrico> Acesso em: 5 nov. 2017.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI. **Perfil da indústria nos estados**: 2014. Brasília: CNI, 2014.

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

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE – INEA. **Informações sobre outorgas de captação estaduais**. Rio de Janeiro: INEA, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Brasil em síntese**: cidades. 2017a. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 24 out. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **PIB dos municípios brasileiros**. 2017b. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5938>. Acesso em: 28 set. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **CNAE20_EstruturaDetalhada**. 2017c. Disponível em: https://concla.ibge.gov.br/images/concla/downloads/revisao2007/PropCNAE20/CNAE20_EstruturaDetalhada.xls. Acesso em: 29 set. 2017.

GRUPO ÁGUAS DO BRASIL – GAB. **Informações sobre as ETEs operadas pela companhia.** Rio de Janeiro: GAB, 2017.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO – MTE. **Microdados RAIS e CAGED.** 2017a. Disponível em: <ftp://ftp.mtps.gov.br/pdet/microdados/>. Acesso em: 2 out. 2017.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO – MTE. **RAIS:** dados estaduais. 2017b. Disponível em: <http://pdet.mte.gov.br/rais>. Acesso em: 2 out. 2017.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento:** diagnóstico dos serviços de água e esgoto: 2015. Brasília: MCIDADES, 2016. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-eesgotos/diagnostico-ae-2015>. Acesso em: 7 jun. 2018.



ANEXO A - RESULTADOS POR ETE

ID	Município	ETE	Qr (l/s)	Processo	Qout (l/s)	Nº de outorgas	Qout/Qr
ETE_RJ_065	RIO DE JANEIRO	EPC - ESEI (EMISSÁRIO SUBMARINO DE IPANEMA)	6000,0	PRELIMINAR/ PRIMÁRIO	0,9	1	0
ETE_RJ_066	RIO DE JANEIRO	EPC BARRA	2800,0	PRELIMINAR/ PRIMÁRIO	14,0	11	0,01
ETE_RJ_067	RIO DE JANEIRO	ETE ALEGRIA	2400,0	LODOS ATIVADOS	3,0	3	0
ETE_RJ_151	BELFORD ROXO	ETE SARAPUÍ	1500,0	LODOS ATIVADOS	185,8	28	0,12
ETE_RJ_133	RIO DE JANEIRO	ETE PAVUNA	1500,0	LODOS ATIVADOS	181,8	15	0,12
ETE_RJ_001	NITERÓI	ETE ICARAÍ	1375,0	PRELIMINAR/ PRIMÁRIO	39,8	4	0,03
ETE_RJ_135	RIO DE JANEIRO	ETE PENHA	1200,0	LODOS ATIVADOS	30,4	8	0,03
ETE_RJ_117	RIO DAS OSTRAS	ETE MARILEA	571,0	UASB	0	0	0
ETE_RJ_002	NITERÓI	ETE TOQUE-TOQUE	525,0	LODOS ATIVADOS	2,1	2	0
ETE_RJ_082	CABO FRIO	ETE CABO FRIO I	400,0	PRELIMINAR/ PRIMÁRIO	0	0	0
ETE_RJ_099	RIO DE JANEIRO	ETE ILHA DO GOVERNADOR	336,5	LODOS ATIVADOS	0	0	0
ETE_RJ_003	NITERÓI	ETE ITAIPU	295,0	TERCIÁRIO	0	0	0
ETE_RJ_004	PETRÓPOLIS	ETE QUITANDINHA	250,0	UASB	2,9	5	0,01
ETE_RJ_089	RIO DE JANEIRO	ETE DEODORO	210,0	LODOS ATIVADOS	97,0	17	0,46
ETE_RJ_005	ARARUAMA	ETE PONTE DOS LEITES	200,0	LAGOAS	0	0	0
ETE_RJ_105	DUQUE DE CAXIAS	ETE JARDIM GRAMACHO	200,0	LODOS ATIVADOS	96,7	13	0,48
ETE_RJ_104	SÃO GONÇALO	ETE JARDIM CATARINA	200,0	OUTROS	55,1	5	0,28
ETE_RJ_006	CAMPOS DOS GOYTACAZES	ETE PARAÍBA	180,0	LODOS ATIVADOS	42,2	7	0,23
ETE_RJ_083	CABO FRIO	ETE CABO FRIO II	160,0	LAGOAS	0	0	0
ETE_RJ_150	SÃO PEDRO DA ALDEIA	ETE SÃO PEDRO	160,0	LODOS ATIVADOS	0	0	0
ETE_RJ_007	PETRÓPOLIS	ETE PALATINATO	160,0	UASB + POLIMENTO	2,9	5	0,02

ID	Município	ETE	Qr (l/s)	Processo	Qout (l/s)	Nº de outorgas	Qout/Qr
ETE_RJ_008	NOVA FRIBURGO	ETE CENTRO	150,0	LODOS ATIVADOS	2,5	4	0,02
ETE_RJ_090	VOLTA REDONDA	ETE ENGENHEIRO GIL PORTUGAL	140,0	LODOS ATIVADOS	6384,8	14	45,61
ETE_RJ_009	NOVA FRIBURGO	ETE OLARIA	140,0	LODOS ATIVADOS	2,5	4	0,02
ETE_RJ_010	NOVA FRIBURGO	ETE CONSELHEIRO PAULINO	130,0	LODOS ATIVADOS	2,5	4	0,02
ETE_RJ_081	ARMAÇÃO DOS BÚZIOS	ETE BÚZIOS	130,0	LODOS ATIVADOS	0	0	0
ETE_RJ_011	PETRÓPOLIS	ETE SISTEMA PIABANHA	125,0	LODOS ATIVADOS	2,9	5	0,02
ETE_RJ_012	NITERÓI	ETE CAMBOINHAS	116,0	TERCIÁRIO	0	0	0
ETE_RJ_071	ARRAIAL DO CABO	ETE ARRAIAL DO CABO	102,0	LODOS ATIVADOS	0	0	0
ETE_RJ_013	RESENDE	ETE ALEGRIA	100,0	UASB	284,6	11	2,85
ETE_RJ_014	NITERÓI	ETE BARRETO	85,0	LODOS ATIVADOS	39,8	4	0,47
ETE_RJ_015	CAMPOS DOS GOYTACAZES	ETE CHATUBA	80,0	LODOS ATIVADOS	500,4	8	6,26
ETE_RJ_098	IGUABA GRANDE	ETE IGUABA	75,0	LODOS ATIVADOS	0	0	0
ETE_RJ_070	SÃO GONÇALO	ETE APOLO	70,0	LODOS ATIVADOS	55,1	5	0,79
ETE_RJ_164	RIO DE JANEIRO	ETE VARGEM GRANDE	66,0	LODOS ATIVADOS	2,1	6	0,03
ETE_RJ_074	RIO DE JANEIRO	ETE BARRA BONITA	66,0	LODOS ATIVADOS	0,6	5	0,01
ETE_RJ_016	NITERÓI	ETE MARIA PAULA	63,0	UASB + POLIMENTO	54,7	4	0,87
ETE_RJ_158	RIO DE JANEIRO	ETE SEPETIBA	60,0	LODOS ATIVADOS	645,5	9	10,76
ETE_RJ_017	RESENDE	ETE AMAN	50,0	LAGOAS	292,2	14	5,84
ETE_RJ_018	SAQUAREMA	ETE BACAXÁ	50,0	LAGOAS	0	0	0
ETE_RJ_137	QUISSAMÃ	ETE PITEIRAS	50,0	UASB	0	0	0
ETE_RJ_120	ARRAIAL DO CABO	ETE MONTE ALTO	40,0	LODOS ATIVADOS	0	0	0
ETE_RJ_019	CAMPOS DOS GOYTACAZES	ETE GUARUS	40,0	UASB	506,5	9	12,66
ETE_RJ_020	CAMPOS DOS GOYTACAZES	ETE IMPERIAL	40,0	UASB	3,7	3	0,09
ETE_RJ_122	MACAÉ	ETE MUTUM	40,0	UASB + POLIMENTO	444,2	2	11,11
ETE_RJ_134	RIO DE JANEIRO	ETE PEDRA DE GUARATIBA	40,0	UASB + POLIMENTO	0	0	0
ETE_RJ_159	RESENDE	ETE SEVARTIS	37,4	LODOS ATIVADOS	209,5	16	5,6
ETE_RJ_021	RESENDE	ETE NISSAN	35,0	OUTROS	242,9	18	6,94

ID	Município	ETE	Qr (l/s)	Processo	Qout (l/s)	Nº de outorgas	Qout/Qr
ETE_RJ_165	RIO DE JANEIRO	ETE VARGEM PEQUENA	33,0	LODOS ATIVADOS	2,4	7	0,07
ETE_RJ_123	RIO DE JANEIRO	ETE NOVA CIDADE	32,3	LODOS ATIVADOS	1196,9	21	37,08
ETE_RJ_022	ARARUAMA	ETE NOVO HORIZONTE	30,0	LAGOAS	0	0	0
ETE_RJ_023	NITERÓI	ETE MOCANGUÊ	30,0	LODOS ATIVADOS	2,1	2	0,07
ETE_RJ_141	RIO DE JANEIRO	ETE RECREIO	30,0	LODOS ATIVADOS	0,6	5	0,02
ETE_RJ_024	NITERÓI	ETE JURUJUBA	30,0	UASB	2,1	2	0,07
ETE_RJ_144	VOLTA REDONDA	ETE SANTA RITA	30,0	UASB + POLIMENTO	6146,4	8	204,88
ETE_RJ_084	NOVA IGUAÇU	ETE CABUÇU E LARANJEIRAS	27,8	LODOS ATIVADOS	1196,7	31	43,05
ETE_RJ_167	RIO DE JANEIRO	ETE VILA DO CÉU	26,5	LODOS ATIVADOS	1196,9	21	45,18
ETE_RJ_088	VOLTA REDONDA	ETE CURRAL	25,0	LODOS ATIVADOS	6285,3	9	251,41
ETE_RJ_025	CAMPOS DOS GOYTACAZES	ETE CODIN	20,0	LODOS ATIVADOS	50,5	9	2,53
ETE_RJ_026	CAMPOS DOS GOYTACAZES	ETE DONANA	20,0	UASB	1,5	2	0,08
ETE_RJ_027	RESENDE	ETE CONTORNO	18,0	LODOS ATIVADOS	283,8	10	15,77
ETE_RJ_126	RIO DE JANEIRO	ETE NOVO HORIZONTE 2	15,0	LODOS ATIVADOS	14,2	14	0,95
ETE_RJ_028	NOVA FRIBURGO	ETE CAMPO DO COELHO	15,0	LODOS ATIVADOS	0,3	1	0,02
ETE_RJ_029	PETRÓPOLIS	ETE CORREAS	15,0	UASB	14,3	8	0,95
ETE_RJ_030	SAQUAREMA	ETE ITAÚNA	15,0	UASB	0	0	0
ETE_RJ_112	PARACAMBI	ETE LAGES	14,7	LODOS ATIVADOS	2,7	4	0,19
ETE_RJ_097	PARACAMBI	ETE GUARAJUBA	14,6	LODOS ATIVADOS	2,3	3	0,16
ETE_RJ_116	MARICÁ	ETE MARICÁ	14,0	UASB + POLIMENTO	0	0	0
ETE_RJ_145	NOVA IGUAÇU	ETE SÃO FRANCISCO DE PAULA II	13,9	LODOS ATIVADOS	1199,7	25	86,31
ETE_RJ_128	NOVA IGUAÇU	ETE PALHADA	13,9	LODOS ATIVADOS	8,9	25	0,64
ETE_RJ_119	MIGUEL PEREIRA	ETE MIGUEL PEREIRA	13,0	LODOS ATIVADOS	0	0	0
ETE_RJ_171	RIO DE JANEIRO	ETE VILAR CARIOCA	13,0	LODOS ATIVADOS	29,7	17	2,29
ETE_RJ_031	SILVA JARDIM	ETE CAJU	12,0	LAGOAS	0	0	0
ETE_RJ_161	PIRAÍ	ETE SUB BACIA D	11,6	UASB	1,2	1	0,1
ETE_RJ_170	RIO DE JANEIRO	ETE VILA KENNEDY	11,0	LODOS ATIVADOS	18,3	11	1,66

ID	Município	ETE	Qr (l/s)	Processo	Qout (l/s)	N° de outorgas	Qout/Qr
ETE_RJ_032	RESENDE	ETE MAUÁ	11,0	UASB + POLIMENTO	0	0	0
ETE_RJ_115	BARRA DO PIRAÍ	ETE MANIBRA/ CALIFORNIA	10,5	OUTROS	204,0	6	19,44
ETE_RJ_068	RIO DAS OSTRAS	ETE ÂNCORA	10,0	LODOS ATIVADOS	0	0	0
ETE_RJ_033	PETRÓPOLIS	ETE POSSE	10,0	UASB + POLIMENTO	16,5	15	1,65
ETE_RJ_103	NOVA IGUAÇU	ETE JARDIM CANAÃ	9,6	LODOS ATIVADOS	11,4	29	1,18
ETE_RJ_106	NOVA IGUAÇU	ETE JARDIM GUANDÚ	9,3	LODOS ATIVADOS	1369,7	28	147,28
ETE_RJ_172	VOLTA REDONDA	ETE VOLTA GRANDE IV	9,3	UASB	6147,9	9	661,07
ETE_RJ_091	VOLTA REDONDA	ETE ENG° SILVINO STREVA	9,2	UASB + POLIMENTO	141,3	5	15,35
ETE_RJ_036	RESENDE	ETE ISAAC POLITI	9,0	LAGOAS	185,4	12	20,6
ETE_RJ_035	RESENDE	ETE MONET	9,0	LODOS ATIVADOS	296,9	14	32,99
ETE_RJ_034	PETRÓPOLIS	ETE GRANJA BRASIL	9,0	UASB + POLIMENTO	31,0	19	3,45
ETE_RJ_095	ITABORAÍ	ETE GRANDE RIO I E II / NOVO HORIZONTE	8,0	OUTROS	1,1	7	0,14
ETE_RJ_037	RESENDE	ETE ENGENHEIRO PASSOS	8,0	TERCIÁRIO	0	0	0
ETE_RJ_072	TRÊS RIOS	ETE BAIRRO CIDADÃO	7,0	UASB	51,5	8	7,35
ETE_RJ_038	SAQUAREMA	ETE SAQUAREMA	7,0	UASB	0	0	0
ETE_RJ_138	VOLTA REDONDA	ETE POÇO	6,7	LODOS ATIVADOS	6285,3	9	938,1
ETE_RJ_114	MACAÉ	ETE MACAÉ	6,5	UASB + POLIMENTO	444,0	1	68,31
ETE_RJ_109	NOVA IGUAÇU	ETE JARDIM PANORAMA	6,3	LODOS ATIVADOS	63,8	15	10,13
ETE_RJ_080	VOLTA REDONDA	ETE BUGIO	6,2	UASB	6389,6	15	1030,5
ETE_RJ_140	NOVA IGUAÇU	ETE RANCHO FUNDO	5,8	LODOS ATIVADOS	5,5	11	0,95
ETE_RJ_101	ITALVA	ETE ITALVA	5,2	OUTROS	2,4	2	0,47
ETE_RJ_087	PARACAMBI	ETE CENTRO	5,1	OUTROS	2,3	3	0,45
ETE_RJ_110	PARACAMBI	ETE JD NOVA ERA	5,1	LODOS ATIVADOS	1,8	2	0,36
ETE_RJ_125	RIO DE JANEIRO	ETE NOVO HORIZONTE 1	5,0	LODOS ATIVADOS	14,2	14	2,85
ETE_RJ_094	ANGRA DOS REIS	ETE GETULIO VARGAS	4,9	LODOS ATIVADOS	4,6	4	0,94
ETE_RJ_136	TANGUÁ	ETE PINHÃO	4,6	LODOS ATIVADOS	2,8	4	0,61
ETE_RJ_079	ANGRA DOS REIS	ETE BONFIM	4,2	UASB + POLIMENTO	0	0	0

ID	Município	ETE	Qr (l/s)	Processo	Qout (l/s)	Nº de outorgas	Qout/Qr
ETE_RJ_039	RESENDE	ETE SÃO CAETANO	4,0	UASB + POLIMENTO	284,6	11	71,14
ETE_RJ_092	ANGRA DOS REIS	ETE FRANCISCO GUEDES	3,7	LODOS ATIVADOS	4,6	4	1,24
ETE_RJ_149	SÃO JOÃO DA BARRA	ETE SÃO JOÃO DA BARRA	3,6	OUTROS	1,9	2	0,52
ETE_RJ_160	PIRAÍ	ETE SUB BACIA A	3,6	UASB	1,2	1	0,34
ETE_RJ_040	ITATIAIA	ETE JLR	3,0	OUTROS	282,4	8	94,12
ETE_RJ_166	RIO DE JANEIRO	ETE VILA CATIRI	3,0	LODOS ATIVADOS	12,5	7	4,22
ETE_RJ_093	ANGRA DOS REIS	ETE FRANCISCO MAGALHÃES DE CASTRO	2,1	LODOS ATIVADOS	4,6	4	2,14
ETE_RJ_121	ANGRA DOS REIS	ETE MORRO DOS MORENOS	2,1	UASB + POLIMENTO	4,6	4	2,14
ETE_RJ_163	RIO DE JANEIRO	ETE VALO DA PAVUNA	2,1	LODOS ATIVADOS	90,9	19	44,09
ETE_RJ_042	PETRÓPOLIS	BIOSSISTEMA VILA RICA	2,0	BIOSSISTEMAS	32,9	21	16,44
ETE_RJ_041	PETRÓPOLIS	BIOSSISTEMA NOGUEIRA	2,0	BIOSSISTEMAS	27,6	18	13,78
ETE_RJ_043	PETRÓPOLIS	BIOSSISTEMA CAXAMBÚ	2,0	BIOSSISTEMAS	8,0	8	4,01
ETE_RJ_076	PETRÓPOLIS	ETE BIOSISTEMA NOGUEIRA	1,5	UASB + POLIMENTO	27,6	18	18,31
ETE_RJ_044	PETRÓPOLIS	ETE BIOSISTEMA QUARTEIRÃO BRASILEIRO	1,5	BIOSSISTEMAS	8,0	8	5,35
ETE_RJ_047	PETRÓPOLIS	FOSSA SÉPTICA CASTELO	1,5	FOSSA SÉPTICA + FILTRO ANAERÓBIO	19,5	11	13,01
ETE_RJ_046	PETRÓPOLIS	ETE FOSSA FILTRO CEARÁ	1,5	FOSSA SÉPTICA + FILTRO ANAERÓBIO	12,8	7	8,52
ETE_RJ_045	PETRÓPOLIS	ETE TERMINAL RODOVIÁRIO	1,5	UASB	12,8	7	8,52
ETE_RJ_052	PETRÓPOLIS	BIOSSISTEMA CÔRREGO GRANDE	1,0	BIOSSISTEMAS	8,5	8	8,48
ETE_RJ_053	PETRÓPOLIS	FOSSA SÉPTICA VALE DO CUIABÁ	1,0	FOSSA SÉPTICA + FILTRO ANAERÓBIO	30,0	18	30,01
ETE_RJ_049	PETRÓPOLIS	ETE FOSSA FILTRO ROSEIRAL	1,0	FOSSA SÉPTICA + FILTRO ANAERÓBIO	15,5	11	15,51
ETE_RJ_048	PETRÓPOLIS	ETE FOSSA FILTRO COCADA	1,0	FOSSA SÉPTICA + FILTRO ANAERÓBIO	8,0	8	8,02

ID	Município	ETE	Qr (l/s)	Processo	Qout (l/s)	N° de outorgas	Qout/Qr
ETE_RJ_050	PETRÓPOLIS	ETE BIOSSISTEMAS VILA IPANEMA	1,0	UASB	11,8	6	11,76
ETE_RJ_051	PETRÓPOLIS	ETE UNIMED	1,0	UASB	2,9	5	2,94
ETE_RJ_054	RESENDE	ETE FUMAÇA	1,0	UASB + POLIMENTO	1,6	3	1,59
ETE_RJ_055	RESENDE	ETE CAPELINHA	1,0	UASB + POLIMENTO	0	0	0
ETE_RJ_075	PETRÓPOLIS	ETE BIOSSISTEMA BONFIM	1,0	UASB + POLIMENTO	13,6	7	13,65
ETE_RJ_078	BOM JESUS DO ITABAPOANA	ETE BOM JESUS DO ITABAPOANA	0,8	PRELIMINAR/ PRIMÁRIO	0	0	0
ETE_RJ_143	RIO DE JANEIRO	ETE SANTA MARIA	0,5	LODOS ATIVADOS	39,8	14	73,85
ETE_RJ_060	PETRÓPOLIS	BIOSSISTEMA ALTO INDEPENDÊNCIA	0,5	BIOSSISTEMAS	17,6	11	35,1
ETE_RJ_059	PETRÓPOLIS	BIOSSISTEMA BONFIM	0,5	BIOSSISTEMAS	13,6	7	27,18
ETE_RJ_063	PETRÓPOLIS	BIOSSISTEMA MORRO DO GAVIÃO	0,5	BIOSSISTEMAS	2,9	5	5,87
ETE_RJ_062	PETRÓPOLIS	FOSSA SÉPTICA TEPARA	0,5	FOSSA SÉPTICA + FILTRO ANAERÓBIO	30,0	18	60,01
ETE_RJ_061	PETRÓPOLIS	FOSSA SÉPTICA BELA VISTA	0,5	FOSSA SÉPTICA + FILTRO ANAERÓBIO	13,8	9	27,61
ETE_RJ_058	PETRÓPOLIS	ETE FOSSA FILTRO TAQUARA	0,5	FOSSA SÉPTICA + FILTRO ANAERÓBIO	11,8	6	23,53
ETE_RJ_057	PETRÓPOLIS	ETE FOSSA FILTRO GETULIO VARGAS	0,5	FOSSA SÉPTICA + FILTRO ANAERÓBIO	2,9	5	5,87
ETE_RJ_056	PETRÓPOLIS	ETE BIOSSISTEMA VALE DO CARANGOLA	0,5	LAGOAS	15,3	10	30,58
ETE_RJ_064	PETRÓPOLIS	BIOSSISTEMA SIMÉRIA	0,4	BIOSSISTEMAS	2,9	5	7,34



ANEXO B - RESULTADOS POR MUNICÍPIO

Código	Município	Esgoto coletado (l/s) (SNIS 2015)	Esgoto tratado (l/s) (SNIS 2015)	Q _r (l/s)	Demanda industrial (l/s) (ANA, 2017)	Q _{out} (l/s)
3304557	RIO DE JANEIRO	14.453,8	10.718,2	14.849,8	5.013,7	915,6
3303302	NITERÓI	1.355,8	1.355,8	2.519,0	211,8	0,0
3300456	BELFORD ROXO	385,8	341,9	1.500,0	27,2	59,8
3303906	PETRÓPOLIS	397,3	318,7	593,9	195,7	35,8
3304524	RIO DAS OSTRAS	42,0	42,0	581,0	9,1	0,0
3300704	CABO FRIO	347,3	347,3	560,0	98,9	0,0
3303401	NOVA FRIBURGO	259,2	234,2	435,0	89,7	2,2
3301009	CAMPOS DOS GOYTACAZES	345,2	345,2	380,0	153,9	611,3
3304201	RESENDE	224,8	139,4	283,4	113,0	293,0
3304904	SÃO GONÇALO	1.409,5	262,0	270,0	135,8	55,1
3300209	ARARUAMA	188,0	188,0	230,0	5,7	0,0
3306305	VOLTA REDONDA	453,6	99,8	226,4	1.284,0	6.146,2
3301702	DUQUE DE CAXIAS	806,9	137,8	200,0	544,1	830,9
3305208	SÃO PEDRO DA ALDEIA	118,1	118,1	160,0	1,2	0,0
3300258	ARRAIAL DO CABO	0,0	0,0	142,0	0,3	0,0
3300233	ARMAÇÃO DOS BÚZIOS	75,6	75,6	130,0	0,3	0,0
3303500	NOVA IGUAÇU	748,6	1,1	86,6	82,9	452,9
3301876	IGUABA GRANDE	44,2	44,2	75,0	0,0	0,0
3305505	SAQUAREMA	52,4	52,4	72,0	6,5	0,0
3304151	QUISSAMÃ	7,6	0,0	50,0	0,0	0,0
3302403	MACAÉ	79,3	0,0	46,5	42,0	665,3
3303609	PARACAMBI	30,9	0,0	39,6	8,4	0,0
3300100	ANGRA DOS REIS	200,5	34,1	17,0	325,8	4,6
3304003	PIRAÍ	18,2	10,1	15,2	0,0	1,2
3302700	MARICÁ	21,6	7,4	14,0	11,2	0,0
3302908	MIGUEL PEREIRA	13,6	13,6	13,0	0,0	0,0
3305604	SILVA JARDIM	9,1	9,1	12,0	0,0	2,2
3300308	BARRA DO PIRAÍ	37,6	0,0	10,5	15,8	205,5
3301900	ITABORAÍ	144,4	7,1	8,0	56,3	1,1
3306008	TRÊS RIOS	289,0	9,3	7,0	63,4	20,5
3302056	ITALVA	33,5	11,0	5,2	0,0	1,7

Código	Município	Esgoto coletado (l/s) (SNIS 2015)	Esgoto tratado (l/s) (SNIS 2015)	Q _r (l/s)	Demanda industrial (l/s) (ANA, 2017)	Q _{out} (l/s)
3305752	TANGUÁ	13,4	0,0	4,6	1,6	0,0
3305000	SÃO JOÃO DA BARRA	8,3	0,0	3,6	14,3	4.651,9
3302254	ITATIAIA	50,2	0,0	3,0	31,9	3,1
3300605	BOM JESUS DO ITABAPOANA	86,3	0,0	0,8	7,9	0,6
3300407	BARRA MANSA	308,8	9,5	0,0	99,9	249,7
3305554	SEROPÉDICA	53,4	0,0	0,0	15,7	169,7
3305802	TERESÓPOLIS	61,9	0,0	0,0	183,9	87,8
3304110	PORTO REAL	54,9	23,0	0,0	0,0	59,9
3302205	ITAPERUNA	40,8	18,7	0,0	41,9	51,0
3304706	SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA	93,6	0,9	0,0	85,4	45,4
3303708	PARAÍBA DO SUL	0,0	0,0	0,0	14,5	37,4
3304128	QUATIS	72,9	43,8	0,0	0,0	37,4
3306107	VALENÇA	44,4	0,0	0,0	26,4	19,6
3305406	SAPUCAIA	0,0	0,0	0,0	0,0	15,4
3304805	SÃO FIDÉLIS	55,8	0,0	0,0	4,0	9,1
3300803	CACHOEIRAS DE MACACU	45,2	0,0	0,0	69,9	6,5
3304508	RIO DAS FLORES	18,1	15,3	0,0	0,0	6,3
3301157	CARDOSO MOREIRA	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6
3300951	COMENDADOR LEVY GASPARIAN	23,4	0,0	0,0	0,0	5,6
3300902	CAMBUCI	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5
3304144	QUEIMADOS	108,0	0,0	0,0	26,8	5,2
3300159	APERIBÉ	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8
3301207	CARMO	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3
3302007	ITAGUAÍ	83,4	0,0	0,0	61,0	2,1
3305158	SÃO JOSÉ DO VALE DO RIO PRETO	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9
3306206	VASSOURAS	17,1	2,5	0,0	6,4	1,9
3304409	RIO CLARO	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4
3302270	JAPERI	0,0	0,0	0,0	6,1	0,9
3302502	MAGÉ	135,6	0,0	0,0	45,1	0,9
3304102	PORCIÚNCULA	3,2	0,0	0,0	0,0	0,7
3305109	SÃO JOÃO DE MERITI	432,0	0,0	0,0	87,7	0,3
3300225	AREAL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
3302106	ITAOCARA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
3302304	LAJE DO MURIAÉ	2,4	0,0	0,0	0,0	0,2
3303203	NILÓPOLIS	120,4	0,0	0,0	6,0	0,1
3301850	GUAPIMIRIM	0,0	0,0	0,0	32,6	0,0

Código	Município	Esgoto coletado (l/s) (SNIS 2015)	Esgoto tratado (l/s) (SNIS 2015)	Q _i (l/s)	Demanda industrial (l/s) (ANA, 2017)	Q _{out} (l/s)
3304300	RIO BONITO	0,0	0,0	0,0	17,4	0,0
3302858	MESQUITA	102,1	0,0	0,0	8,2	0,0
3304755	SÃO FRANCISCO DE ITABAPOANA	0,7	0,0	0,0	4,5	0,0
3301306	CASIMIRO DE ABREU	28,9	9,6	0,0	3,6	0,0
3303807	PARATY	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0
3302601	MANGARATIBA	10,6	0,0	0,0	0,3	0,0
3303005	MIRACEMA	57,2	0,0	0,0	0,0	0,0
3303856	PATY DO ALFERES	12,7	0,0	0,0	0,0	0,0
3300506	BOM JARDIM	31,7	0,2	0,0	0,0	0,0
3303955	PINHEIRAL	34,2	0,0	0,0	0,0	0,0
3301405	CONCEIÇÃO DE MACABU	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3301504	CORDEIRO	26,3	22,5	0,0	0,0	0,0
3301108	CANTAGALO	28,0	4,6	0,0	0,0	0,0
3302809	MENDES	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3303104	NATIVIDADE	12,5	3,8	0,0	0,0	0,0
3305703	SUMIDOURO	24,7	0,0	0,0	0,0	0,0
3300936	CARAPEBUS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3301801	ENGENHEIRO PAULO DE FRONTIN	24,2	0,0	0,0	0,0	0,0
3301603	DUAS BARRAS	2,5	1,9	0,0	0,0	0,0
3304607	SANTA MARIA MADALENA	3,3	3,3	0,0	0,0	0,0
3305901	TRAJANO DE MORAES	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3306156	VARRE-SAI	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3305307	SÃO SEBASTIÃO DO ALTO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3305133	SÃO JOSÉ DE UBÁ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3302452	MACUCO	6,1	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL		24.932,7	15.083,0	23.544,2	9.400,8	15.793,1

CNI

Robson Braga de Andrade
Presidente

DIRETORIA DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS – DRI

Mônica Messenberg Guimarães
Diretora de Relações Institucionais

Gerência Executiva de Meio Ambiente e Sustentabilidade – GEMAS

Davi Bomtempo
Gerente-Executivo de Meio Ambiente e Sustentabilidade

José Quadrelli Neto
Percy Soares Baptista Neto
Equipe Técnica

DIRETORIA DE COMUNICAÇÃO

Ana Maria Curado Matta
Diretora de Comunicação

André Dias
Produção Editorial

DIRETORIA DE SERVIÇOS CORPORATIVOS – DSC

Fernando Augusto Trivellato
Diretor de Serviços Corporativos

Área de Administração, Documentação e Informação – ADINF
Maurício Vasconcelos de Carvalho
Gerente Executivo de Administração, Documentação e Informação

Alberto Nemoto Yamaguti
Normalização

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Eduardo Eugenio Gouvêa Vieira
Presidente

Diretoria Firjan/IEL

João Paulo Alcantara Gomes

Gerência Geral de Competitividade

Luis Augusto Carneiro Azevedo

Gerência de Sustentabilidade e Infraestrutura

William Fonseca Pamplona Figueiredo

Leonardo Ribeiro
Lidia Aguiar
Isaque Ouverney
Equipe Técnica

CENTRO INTERNACIONAL DE REFERÊNCIA EM REÚSO DE ÁGUA - CIRRA

Ivanildo Hespagnol
Diretor-Presidente

Bruno Nogueira Fukasawa
Lineu Andrade de Almeida
Luana Di Beo Rodrigues
Ivanildo Hespagnol
Virgínia Dias de Azevedo Sodre
Autores

Editorar Multimídia
Revisão Gramatical

Editorar Multimídia
Projeto Gráfico e Diagramação

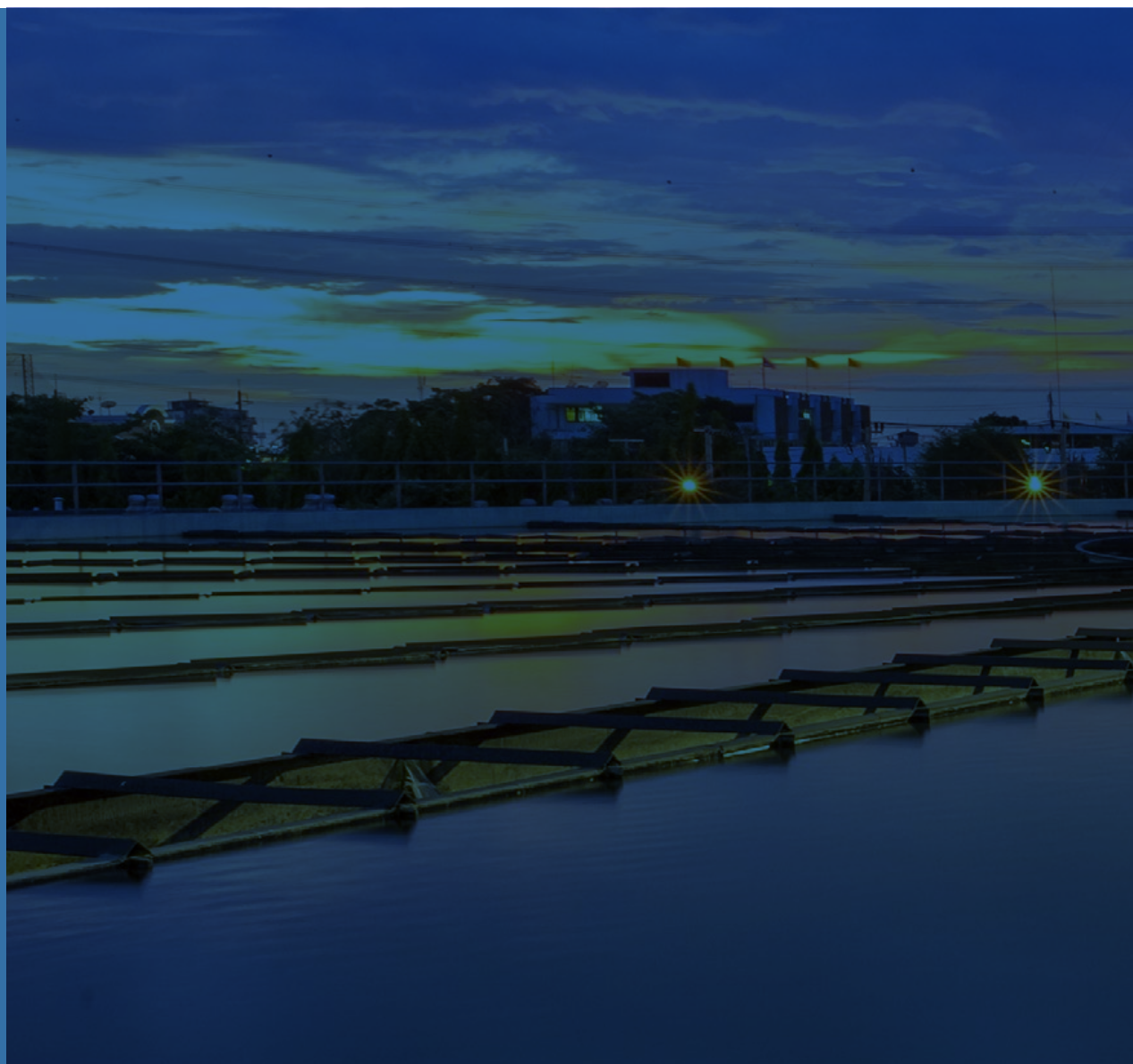
www.cni.org.br

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

[/cni_br](https://twitter.com/cni_br)

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

[/CNINacional](https://www.youtube.com/CNINacional)



Confederação Nacional da Indústria
PELO FUTURO DA INDÚSTRIA