



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL  
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

**ALÍCYA ARRUDA FERREIRA**

**ABORDAGEM TEÓRICA DO REÚSO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS PARA  
FINS AGRÍCOLAS NA REGIÃO SEMIÁRIDA DO NORDESTE**

**CAMPINA GRANDE  
2022**

ALÍCYA ARRUDA FERREIRA

**ABORDAGEM TEÓRICA DO REÚSO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS PARA  
FINS AGRÍCOLAS NA REGIÃO SEMIÁRIDA DO NORDESTE**

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado a Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

**Orientador:** Profa. Dra. Neyliane Costa de Souza

**Coorientador:** Me. Rodrigo de Andrade Barbosa

**CAMPINA GRANDE  
2022**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

F383a Ferreira, Alicya Arruda.  
Abordagem teórica do reúso de efluentes domésticos para fins agrícolas na região semiárida do nordeste [manuscrito] / Alicya Arruda Ferreira. - 2022.  
26 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia , 2022.

"Orientação : Profa. Dra. Neyliane Costa de Souza , Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - CCT."

"Coordenação: Prof. Me. Rodrigo de Andrade Barbosa , INSA - Instituto Nacional do Semiárido"

1. Tratamento de efluente. 2. Recursos hídricos. 3. Semiárido nordestino. 4. Reúso agrícola. I. Título

21. ed. CDD 628.1

ALÍCYA ARRUDA FERREIRA

**ABORDAGEM TEÓRICA DO REÚSO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS PARA  
FINS AGRÍCOLAS NA REGIÃO SEMIÁRIDA DO NORDESTE**

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado a Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

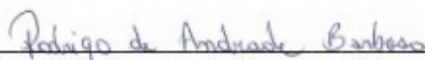
Aprovada em: 09/05/2022

**BANCA EXAMINADORA**



---

Profa. Dra. Neyliane Costa de Souza (Orientadora)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



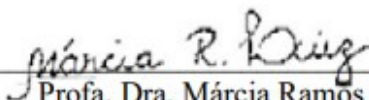
---

Me. Rodrigo de Andrade Barbosa (Coorientador)  
Instituto Nacional do semiárido - INSA



---

Dr. Whelton Brito dos Santos  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



---

Profa. Dra. Márcia Ramos Luiz  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

## SUMÁRIO

|              |  |           |
|--------------|--|-----------|
| <b>1</b>     | <b>INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>2</b>     | <b>REVISÃO DA LITERATURA .....</b>                                   | <b>6</b>  |
| <b>2.1</b>   | <b>Disponibilidade hídrica no Brasil .....</b>                       | <b>6</b>  |
| <b>2.2</b>   | <b>Política Nacional de Recursos Hídricos .....</b>                  | <b>8</b>  |
| <b>2.3</b>   | <b>Evolução do uso da água na região semiárida do Nordeste .....</b> | <b>9</b>  |
| <b>2.4</b>   | <b>Tipos de reúso de água .....</b>                                  | <b>11</b> |
| <b>2.5</b>   | <b>Reúso no Brasil e Legislação vigente .....</b>                    | <b>11</b> |
| <b>2.6</b>   | <b>Tratamento de efluente para reúso .....</b>                       | <b>13</b> |
| <b>2.6.1</b> | <b>Comparativo das etapas de tratamento .....</b>                    | <b>14</b> |
| <b>3</b>     | <b>REÚSO NA AGRICULTURA .....</b>                                    | <b>15</b> |
| <b>4</b>     | <b>TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL E REÚSO DE ÁGUA .....</b>      | <b>15</b> |
| <b>5</b>     | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                                    | <b>18</b> |
|              | <b>REFERÊNCIAS .....</b>   | <b>19</b> |

## ABORDAGEM TEÓRICA DO REÚSO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS PARA FINS AGRÍCOLAS NA REGIÃO SEMIÁRIDA DO NORDESTE

Alicya Arruda Ferreira

### RESUMO

A água é considerada um bem cada vez mais escasso em todo o mundo, seja pelo crescimento populacional, reduzida oferta de água ou por atividades antrópicas. Nasce então a necessidade de se reutilizar a água. O Novo Marco Legal do Saneamento visa universalizar os serviços de saneamento básico para toda a população de modo a ser implementado por uma economia mista. Tendo em vista a baixa disponibilidade hídrica do semiárido nordestino e o que dita a Política Nacional de Recursos Hídricos, em que a água é um bem de toda população, seu uso e distribuição tem que acontecer de maneira igualitária a todos os brasileiros independentemente de renda. Desse modo, pesquisadores tem estudado formas simplificadas de preservar a água reutilizando-a, de maneira que o efluente doméstico seja tratado e utilizado na irrigação das culturas. A ausência de legislação sobre esse quesito no Brasil afeta sua propagação, mas, com base nos estudos e revisão de literaturas existentes, vê-se que existem diversas pesquisas sendo realizadas na área de reúso de efluentes, com resultados significativos quanto ao aumento da produtividade de culturas devido ao aporte de nutrientes presente no efluente. Desse modo, o presente artigo tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre o reúso de efluentes para fins agrícolas na região semiárida do Nordeste como importante instrumento de gestão racional dos recursos hídricos, evidenciando que o reúso de água para fins agrícolas é totalmente necessário devido ao grande potencial que essas águas possuem e ainda pelos benefícios econômicos e sociais que promovem.

**Palavras-chave:** Tratamento de efluente. Recursos hídricos. Semiárido Nordeste. Reúso Agrícola.

# THEORETICAL APPROACH TO THE REUSE OF DOMESTIC EFFLUENTS FOR AGRICULTURAL PURPOSES IN THE SEMI-ARID REGION OF THE NORTHEAST

Alicya Arruda Ferreira

## ABSTRACT

Water is considered an increasingly scarce resource around the world, either due to population growth, reduced water supply, or human activities. Then comes the need to reuse water. The New Legal Framework for Sanitation aims to universalize basic sanitation services for the entire population to be implemented in a mixed economy. Given the low water availability in the northeastern semi-arid region and what the National Water Resources Policy dictates, in which water is good for the entire population, its use and distribution have to happen equally to all Brazilians regardless of income. In this way, researchers have studied simplified ways of preserving water by reusing it, so that domestic effluent is treated and used for crop irrigation. The absence of legislation on this issue in Brazil affects its propagation, but, based on the studies and review of existing literature, it can be seen that several studies are being carried out in the area of effluent reuse, with significant results regarding the increase in the productivity of cultures due to the supply of nutrients present in the effluent. Thus, this article aims to carry out a bibliographic review on the reuse of effluents for agricultural purposes in the semi-arid region of the Northeast as an important instrument for the rational management of water resources, showing that the reuse of water for agricultural purposes is totally necessary due to the great potential that these waters have and also for the economic and social benefits they promote.

**Keywords:** Effluent treatment. Water resources. Northeast semiarid. Agricultural Reuse

## 1 INTRODUÇÃO

A água é considerada a principal fonte de vida dos seres humanos, sendo utilizada para quase todas as atividades humanas. Mas, seu consumo crescente, bem como os eventos climáticos, causa alterações hidrológicas que relacionam a problemática da escassez hídrica.

O uso da água de maneira descontrolada, faz com que sua disponibilidade seja cada vez mais escassa (SILVEIRA *et al.*, 2021). O manejo eficiente da água no atual cenário de escassez hídrica mundial é uma necessidade constante, nesse sentido busca-se formas de gestão eficaz dos recursos hídricos (NEVES *et al.*, 2022).

O Brasil está em uma situação confortável em relação à quantidade de recursos hídricos comparado a outros países, pois o volume de água no Brasil representa 12% da água do planeta. Entretanto, apesar de toda essa riqueza hídrica, a água está distribuída de forma desigual no território nacional (TAMAIIO; CHAGAS, 2021). Há uma desproporção tanto em relação à distribuição espacial desse recurso, quanto em relação ao seu acesso em quantidade e qualidade adequada. Mais de 80% dos recursos hídricos do Brasil estão na bacia hidrográfica amazônica, enquanto outras regiões convivem com a falta de água, principalmente na região Semiárida do Brasil (ANA, 2018).

Quando se pensa em Nordeste, nos vem a mente as regiões áridas e semiáridas e a temática da seca. A seca do semiárido nordestino, assim como o uso exacerbado da água, faz

com que haja perda da produtividade agrícola o que afeta diretamente o agricultor, dando voz a chamada agricultura de subsistência.

A agricultura irrigada veio como uma mudança de vida para a população do semiárido nordestino, transformando a dura realidade da seca em grandes produtores, sejam alimentícios ou não. O acesso à água nas zonas rurais ainda é um problema, fazendo com que grande parte da população migre para os centros urbanos ou faça uso do que tem disponível, mesmo que não sejam viáveis em termos de saúde ou ambientais, mas sim, pela necessidade.

A falta de água não é uma problemática apenas das regiões semiáridas do Brasil, nos últimos anos, devido a alta demanda e baixa disponibilidade, a busca por água tem aumentando a discussão do tema reúso, tornando-o um tema de grande importância. O uso de esgotos tratados contribui para a conservação dos recursos e acrescenta uma dimensão econômica ao planejamento dos recursos hídricos (CETESB, 2021).

O reúso de efluentes pós-tratados reduz a demanda sobre os mananciais de água devido à substituição da água superficial por uma água de qualidade inferior. Isso só é possível devido a qualidade requerida para usos específicos que não necessitam de água potável. Neste cenário, está incluso a prática do reúso nas empresas, cidades e áreas rurais sendo considerada uma alternativa sustentável (FIESP., 2010).

No entanto, assim como existe a necessidade de controlar a qualidade da água potável distribuída, existe a necessidade que os projetos de reúso possuam especificações e sigam as normas técnicas, ambientais e de saúde vigente, para que possa beneficiar seus usuários quantitativa e qualitativamente de acordo com cada demanda de reúso. Para garantir a segurança hídrica, avaliando previamente os relativos perigos, não só de exposição, mas também microbiológicos, podem ser empregadas abordagens distintas com o reúso potável e não potável (ANA, 2014).

Segundo Hespagnol (2015), o reúso não potável, por não necessitar de padrões elevados, para finalidades menos nobres pode ser suprido por fontes alternativas, como águas pluviais ou água de reúso. No entanto, o reúso potável direto, necessita de tratamentos avançados, onde após o tratamento poderá ser introduzido diretamente em uma ETA ou em um reservatório de mistura a montante.

Desse modo, o presente artigo tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre o reúso de efluentes domésticos para fins agrícolas na região semiárida do Nordeste como importante instrumento de gestão racional dos recursos hídricos.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Disponibilidade hídrica no Brasil**

O Brasil é um dos países mais ricos em água no mundo. A superfície coberta por água em 2020 era de 16,6 milhões de hectares (FREITAS, 2020). Entretanto, a maior parte da população não se encontra instalada nas regiões de maiores disponibilidades hídricas. A Figura 1 apresenta o percentual de disponibilidade de água e população regional do Brasil, de acordo com dados da ANA (2017).



Figura 1 – Disponibilidade hídrica por população e região do Brasil.

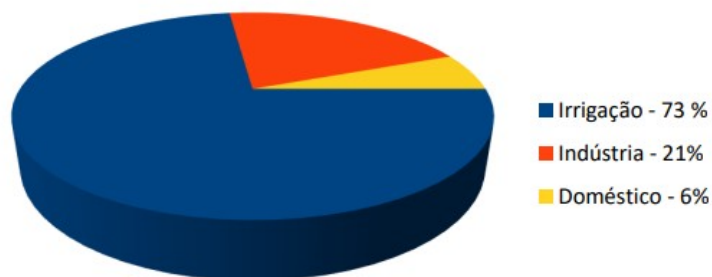


A crise hídrica da atualidade brasileira está levando tanto usuários quanto empresários a reexaminarem suas estratégias, com o objetivo de encontrar alternativas de captação, tratamento e reciclagem. Mas ainda assim, um dos maiores desafios para a aplicação da prática de reúso no país é exatamente reverter essa cultura de excesso de água e inculir na sociedade o entendimento de que a inclusão da água de reúso na matriz hídrica nacional pode ser a solução de muitos problemas decorrentes da escassez, bem como de conflitos pelo uso da água (MEJIA *et al.*, 2020).

As características climáticas do semiárido são os principais fatores geradores da escassez de água, dificultando o processo de plantação das lavouras, afetando os níveis dos reservatórios de água, impulsionando ações de escavação de poços, o que altera o funcionamento dos lençóis freáticos. Dessa forma, em razão da falta d'água, os indivíduos sofrem impactos sociais e econômicos (SILVA *et al.*, 2021).

Menos da metade da população mundial têm acesso à água potável. No Brasil, a maior demanda por água se fixa nas atividades da agricultura, principalmente, na irrigação, que corresponde a 73% do consumo de água, seguido por 21% de uso industrial e apenas 6% para consumo doméstico. Ainda assim, 35% da população mundial não tem acesso à água tratada e 43% não tem saneamento básico adequado. Para a produção de energia, este recurso sempre foi o mais utilizado, em detrimento de outros. A própria legislação na época (Código das Águas, de 1934) apontava a necessidade do aproveitamento das águas industriais para a implementação de medidas que possibilitassem o potencial de geração de energia hidrelétrica (DANIELI & GARCIA; SANTOS, 2021). A Figura 2, apresenta o percentual de uso da água por atividades.

**Figura 2 - Percentual de uso da água por atividades.**



Fonte: adaptado de Santos (2021).

Segundo estudos do *Águas do Brasil (2020)*, há passos que não estão sendo dados em função de diversos fatores, tais como: I) grandes entraves burocráticos; II) falta de regulamentação (aspectos legais e norteadores); III) receio em relação à receptividade da sociedade e desconhecimento da melhor forma de alcançá-la com o tema; IV) falta de disposição para enfrentar novos desafios tecnológicos e de gestão estratégica; V) falta de articulação técnico política para viabilização dos projetos; VI) falta de definição de responsabilidades e VII) corpo técnico com baixa qualificação no tema.

Com este cenário, o Brasil deve lutar em três frentes: definir a utilização da água de reúso com os respectivos padrões nacionais e que não coloque a saúde de todos em risco; estabelecer a estrutura, planejamento e gestão dos recursos hídricos de forma a implementar as políticas públicas de proteção ambiental e diminuição do desperdício as águas potáveis; investimentos em educação ambiental, de forma a diminuir a resistência da sociedade para com o reúso e influir nas mentalidades (DANIELI & GARCIA, 2021).

## 2.2 Política Nacional de Recursos Hídricos

O primeiro fundamento da Política Nacional de Recursos Hídricos - (PNRH), dita que a água é um bem de domínio público e um recurso natural limitado, dotado de valor econômico. Por isso se faz necessária a intervenção do Estado no sentido de alocar o recurso, influenciando de modo a organizar o acesso, compatibilizar as formas de uso dos recursos hídricos e controlar sua qualidade, inúmeros modelos de gestão foram sendo implementados pelo mundo. (FERREIRA, 2006).

A Constituição Federal de 1988 ditava que a proteção legal das águas brasileiras tinha caráter econômico, sanitário e ao direito de propriedade, mas, em 1997, foi instituída a Lei 9.433, considerada como a Lei das águas, onde dita que a água é um bem de toda a população e seu uso deve ser aprovado pelo poder público. A outorga desse recurso é dada mediante autorização do governo (BRASIL, 1997). Além de deter o controle de uso da água, a PNRH é responsável também, pelo enquadramento das classes dos corpos de água, que estabelece os níveis de qualidade que devem ser mantidos ou alcançados (TERA, 2020).

O saneamento básico é um serviço essencial para garantir a qualidade de vida, onde está diretamente ligada ao acesso à água e saúde, sendo considerado um direito fundamental de toda sociedade. O acesso a este serviço, embora previsto em Lei 11.445/07, o novo marco legal do saneamento básico, ainda enfrenta muitos desafios para sua universalização e garantia da qualidade. Nesse sentido, a regulação vem sendo considerada uma ferramenta fundamental para fomentar o alcance às metas de atendimento do saneamento básico em todo o país (GOMES; COELHO, 2020).

O Novo Marco Regulatório do Saneamento Básico, tem como foco principal promover um acesso igualitário aos serviços de saneamento básico até 2033, através dos serviços fornecidos pela administração pública e empresas privadas. A lei visa o acesso a universalização dos serviços de fornecimento de água potável e saneamento básico, entretanto, para que essa meta seja atingida, a lei pretende também privatizar os serviços, porém muitas pessoas não têm condição financeira para pagar pelas altas taxas cobradas pelos serviços oferecidos pelas empresas privadas. Uma vez que o uso da água é um direito humano fundamental, o público tem que ser atendido independente do serviço ser fornecido de forma pública ou privada, deve vir de forma que todos tenham acesso a água e aos serviços de saneamento básico independente de renda ou condição social (DIAS *et al.*, 2017).

O direito a água está intrinsecamente ligado ao direito a vida, e para que se promova a universalidade desse direito é preciso que a União, Estados e Municípios promovam estratégias de distribuição de serviços de fornecimento de água e tratamentos de esgotos e resíduos sólidos de forma igualitária. A problemática da falta de saneamento e sistema de abastecimento de água é uma realidade para parcela expressiva da sociedade e apresenta desigualdades que nos permitem associar um perfil daqueles que são mais afetados pela falta de políticas e mais vulneráveis a sofrerem sua consequência (GOMES & COELHO, 2020).

No Brasil, o usuário de água para fins não potáveis, como industrial e agrícola, é cobrado pelo uso da água bruta, por um valor diferente do valor cobrado pelas companhias prestadoras do serviço de abastecimento de água, pois para a água tratada se visa pagar pelo serviço de abastecimento e dar ao usuário a indicação do real valor do recurso natural e financiar o sistema de gerenciamento de recursos hídricos, segundo dita a Política Nacional de Recursos Hídricos (1997).

Embora, alguns Estados possuam suas políticas relativas aos recursos hídricos, não acontece uniformemente em todo país, o que leva a reutilização da água residuária a não ser uma prioridade federal (SMIRDELE, 2021).

A crise hídrica levou os usuários a reexaminarem suas estratégias. Por isso, desde os primórdios, o ser humano se empenha e continua se empenhando, para buscar novos métodos e tecnologias para encontrar alternativas de para reciclar esse bem (CARLI & COSTA, 2020).

### **2.3 Evolução do uso da água na região semiárida do Nordeste**

No Brasil, a água nas regiões semiáridas sempre foi uma problemática para o desenvolvimento agrícola. A região Nordeste é uma região densamente povoada comparada as outras regiões do país e também sofre por suas secas cíclicas e prolongadas que afetam as atividades econômicas e o cotidiano das comunidades rurais. Outro fator limitante para o desenvolvimento desta região é a crise de governança da água, já que a distribuição geográfica e social faz com que a água não chegue de forma adequada e frequente a todos os nordestinos (COELHO, 2015).

Devido ao fato de a população da zona rural ser dispersa quando relacionada aos centros urbanos, suas necessidades de saneamento básico acabam não sendo prioritárias, o que leva ao descarte e destinação de maneira inadequada de resíduos e efluentes no meio ambiente. Esse quadro fica ainda pior na região nordeste do país em que a população rural enfrenta, não somente as dificuldades econômicas e políticas, mas também, a escassez hídrica das regiões semiáridas do único bioma exclusivamente brasileiro, a Caatinga (SANTOS, 2022).

O Nordeste tem neste referente um longo caminho a percorrer, pela governança e em particular por suas características. Ainda que se trate de uma pesquisa exploratória, o atraso na elaboração dos Planos Municipais de Saneamento Básico, intervindo nas suas áreas de atuação e nas instituições estaduais, mostram que os municípios brasileiros e principalmente

nordestinos são pouco ou nada atuantes nesta matéria. Além disso cerca de 40% da população da região sofre com a insegurança alimentar. Neste cenário, o reúso de efluentes se apresenta como uma das possíveis soluções que o setor agropecuário possui para minimizar e/ou sanar os danos sociais causados por estes problemas. É uma tecnologia sustentável de produção de alimentos, com baixo consumo de água (MENEZES, 2022).

A reutilização de esgoto tratado na irrigação de áreas destinadas à produção agrícola pode subsidiar o desenvolvimento econômico de áreas que utilizam a agropecuária como principal fonte de emprego e renda, e não dispõe de recursos hídricos suficientes para desenvolvimento da atividade (DINIZ *et al.*, 2022).

Considera-se que a disponibilização dessa “nova fonte” de água representaria um avanço significativo comparado à situação atual em municípios e regiões com maior escassez hídrica e seria a base para crescimento futuro (KREUTZBERGER *et al.*, 2018).

Com a finalidade de buscar soluções simplificadas, sustentáveis e de baixo custo para esse problema, tem se estudado formas viáveis de tratar os diversos tipos de efluentes. As possibilidades e formas potenciais de reúso dependem de características, condições e fatores locais, tais como decisão política, esquemas institucionais, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais (SANTOS, 2021). Um caminho para uma melhor utilização da água é o reúso de efluentes para finalidades adequadas à qualidade do mesmo, após os devidos tratamentos (SANTOS *et al.*, 2018).

Segundo a ANA (2014), os benefícios advindos da utilização da água de reúso são de ordem ambiental, social e econômica. Ambientalmente, essa prática impacta positivamente na redução da pressão sobre a captação de água bruta, e claro, na preservação dos recursos hídricos. Já economicamente é evidente a diminuição dos custos de consumo do recurso para as atividades como, por exemplo, irrigação e lavagens. A técnica de reúso tende a ser um eficiente instrumento para a gestão dos recursos hídricos no Brasil. A grande vantagem da utilização da água de reúso é a de preservar água potável exclusivamente para atendimento de necessidades que exigem a sua potabilidade, como, por exemplo, para o abastecimento humano, pois, águas de melhor qualidade devem ser conservadas para usos mais nobres.

Os estudos que vem sendo desenvolvidos no Nordeste acerca de tratamentos de efluentes e reúso na agricultura irrigada, contempla diversos tipos de técnicas que vem sendo testadas para que tenha uma boa eficiência a baixo custo e fácil implantação e manutenção.

Técnicas como, desinfecção UV para produção de forragem animal (DINIZ *et al.*, 2022), integração piscicultura-agricultura (MARINHO, 2022), Avaliação dos efeitos de diferentes águas de reúso sobre a germinação de sementes de milho (GOMES, 2021), Reúso de efluente tratado na produção de mudas para recuperação da vegetação nativa (BARRETO, 2018), vem sendo desenvolvidas reaproveitando o efluente para melhoria da vida no semiárido nordestino, proporcionando o aumento de produção em decorrência da inserção de novas áreas ao processo produtivo e da produtividade pela economia de recursos advinda da ciclagem de nutrientes.

A difusão dessas técnicas representará uma mudança de paradigma, capaz de lançar a agricultura nordestina ao mais alto patamar de competitividade produtiva e promover o desenvolvimento socioeconômico e ambiental da região. É uma necessidade de empoderamento cultural da população em relação à água e da universalização dos serviços de abastecimento e esgotamento, além da simplificação de parâmetros, critérios e terminologias utilizadas na gestão de recursos hídricos, como entraves a serem culturalmente superados (COSTA, 2021).

Assim o manejo adequado da irrigação das culturas com efluentes tratados minimiza as perdas e supre a necessidade hídrica das culturas, sejam elas frutas, legumes ou hortaliças, a diferença está apenas no tipo de irrigação. Neste aspecto, para alcançar a eficiência de uso da água é que se façam estudos para adequar a cada fim, no intuito de encontrar um efluente

que proporcione culturas, de qualidade, reduzindo assim o desperdício e economizando água. (Herculano *et al.*, 2022).

Para que esse efluente tratado seja reutilizado, são definidos tipos de reúso e onde deve ser utilizado de acordo com as legislações vigentes no estado e no país.

## 2.4 Tipos de reúso de água

Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2014), o reúso pode ser classificado em 3 tipos:

*Reúso indireto não planejado* – a água utilizada em alguma atividade humana, descarregada no meio ambiente e novamente utilizada em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada. Caminhando até o ponto de captação para o novo usuário, a mesma está sujeita apenas às ações naturais do ciclo hidrológico (ANA, 2014).

*Reúso indireto planejado* - quando os efluentes, depois de tratados, são dispostos de forma planejada nos corpos de águas superficiais ou subterrâneas, para serem utilizadas, de maneira controlada, para usos benéficos. Há também controle sobre as eventuais novas descargas de efluentes, garantindo que o efluente tratado somente terá misturas com outros efluentes dentro dos requisitos de qualidade do reúso requerido. (CETESB, 2021)

*Reúso direto de água* - de acordo com a Resolução CNRH nº 54/2005, reúso direto de água é o uso planejado da água de reúso, conduzida ao local de utilização, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos ou subterrâneos.

## 2.5 Reúso no Brasil e Legislação vigente

As primeiras recomendações de saúde em termos de efluentes foram publicadas pela Organização Mundial de Saúde (OMS), no ano de 1973. No Brasil, apenas no ano de 2005 pela resolução nº 54/28 de Novembro pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH, 2018).

A OMS estabelece, através de dois estágios, diretrizes para a qualidade da água potável e para reúso de esgoto. O primeiro estágio é a Avaliação de Riscos, onde são atribuídas diretrizes aos contaminantes considerados relevantes e é dirigida fundamentalmente à proteção da saúde pública.

Essas diretrizes são para fins de recomendação e são baseadas na filosofia de risco e/ou benefício, que inclui: (i) a identificação a nível mundial, de contaminantes potencialmente perigosos; (ii) avaliação quantitativa da relação doses-efeitos sobre seres humanos, e; (iii) avaliação dos níveis potenciais de exposição que podem ocorrer sobre seres humanos.

Na segunda etapa, chamada de Gestão de Risco, as diretrizes levam em conta as características técnicas e da sociedade local, onde não são produzidas para serem aplicadas de maneira absoluta com todos os países, e sim visando estabelecer um determinado nível de saúde pública, tendo em vista os riscos preestabelecidos, como uma referência para o estabelecimento de padrões nacionais ou regionais, possuindo características consultivas baseadas no estado da arte da pesquisa científica e estudos epidemiológicos e são para padrões legais (HESPANHOL, 2015).

O marco regulatório, veio com a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, onde classifica os corpos d'água, e Resolução CONAMA Nº 430 DE 13/05/2011, que insere a definição de critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estação de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos, inserindo em grande parte um avanço (CAMPOS e ARAÚJO, 2021).

Padrões, por outro lado, são instrumentos legais, promulgados em cada país, através da adaptação de diretrizes às prioridades nacionais e com base em suas condições ambientais, econômicas, culturais, sociais, tecnológicas e em seus condicionantes políticos e institucionais. Padrões devem ser estabelecidos, promulgados e aplicados por autoridades nacionais competentes, através da adoção de um critério de risco/ benefício. Em qualquer época, podem ser substituídos ou alterados, sempre que novas evidências científicas ou inovações tecnológicas se tornem disponíveis, ou em obediência à evolução de interesses e tendências nacionais (HESPANHOL, 2015).

Segundo a CETESB (2016), algumas regulamentações que regem o reúso de efluentes são:

A normativa da ABNT nº 13.969/97 dispõe de instruções para o sistema de reúso, define parâmetros de qualidade da água de reúso de acordo com a utilização, sem, no entanto, estar em total concordância com as leis de balneabilidade e potabilidade. Não é obrigatória, dificultando a aplicação da água de reúso por causa da ausência de orientações técnicas e fiscalização. NBR 9800 - NB 1032 /87, onde estabelece critérios para o lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público do esgoto sanitário.

O intuito de produzir regulamentos é estabelecer limites relativos a práticas específicas que minimizem os efeitos danosos sem afetar os benefícios correspondentes (HESPANHOL, 2014).

Apesar de se ter uma base normativa federal considerada adequada perante os compromissos internacionais, ainda se carece de legislação reguladora no âmbito da União. A política ambiental, assim como outras áreas da política pública, também deve ter implementada eficientemente no território. Os problemas hídricos se dão onde as pessoas moram. No Brasil, em que pese a presença de 5.570 municípios, apenas menos de 1% dos municípios possuem leis regulamentadoras do reúso. É notória a necessidade do arcabouço legal para a prática do reúso (DANIELI & GARCIA, 2021).

No âmbito estadual e municipal, existem algumas normas e leis em vigor que já abordam sobre esse tema, as principais são a dos estados de São Paulo e Ceará (PROSAB, 2009) como a Lei n. 16.033/16 do estado do Ceará que dispõe sobre a política de reúso de água não potável no âmbito do Estado, onde estabelece critérios para o reúso de água não potável, com o objetivo de viabilizar e estimular a sua ação no Estado (CEARÁ, 2016).

A Lei n. 16.174/15 do município de São Paulo, que estabelece regramento e medidas para fomento ao reúso de água para aplicações não potáveis, oriundas do polimento do efluente final do tratamento de esgoto, de recuperação de água de chuva, da drenagem de recintos subterrâneos e de rebaixamento de lençol freático e revoga a Lei Municipal nº 13.309/02, no âmbito do Município de São Paulo (SÃO PAULO, 2015). Além da Resolução conjunta da Secretaria de Estado da Saúde (SES), da Secretaria de Meio Ambiente (SMA) e da Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos (SSRH) do Estado de São Paulo n. 1, de 28 de junho de 2017, que disciplina o reúso direto não potável de água, para fins urbanos, proveniente de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário e dá providências correlatas (SÃO PAULO, 2017).

O projeto de lei – PL 2451/20, dispõe sobre a obrigatoriedade do reúso de água para fins não potáveis em novas edificações públicas federais e privadas residenciais, comerciais e industriais, e dá outras providências (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2020).

O reúso da água será obrigatório em cidades para as quais a lei exija plano diretor e optativo para as demais. A proposta é que essa água de reúso seja utilizada em atividades que aceitem usos menos exigentes, priorizando a água potável apenas para o consumo humano e aumentando a eficiência do uso da água em todos os setores da sociedade (PORTAL TS, 2020).

Segundo o Portal do Tratamento de Águas (2020), para que o efluente advindo do reúso seja atualizado sem que comprometa a segurança, o projeto determina também que os novos empreendimentos que surgirem já contem com uma rede de encanamentos específica para a caixa de água de reúso, tornando-a independente da rede de abastecimento de água potável. Assim como um sistema de tratamento de efluentes líquidos que seja capaz de remover pelo menos 95%, da carga orgânica de esgoto, tornando a água segura para manuseio humano. No caso das indústrias, o sistema de tratamento deverá ser capaz de remover produtos químicos e materiais perigosos em percentuais estipulados pelas normas.

É importante frisar que a legislação sobre o nível de tratamento necessário tem sido alterada à medida que aumentam as informações sobre as características do esgoto, a eficiência dos processos de tratamento e os efeitos ambientais provocados pelo lançamento de poluentes (METCALF; EDDY, 1991).

## 2.6 Tratamento de efluentes para reúso

O lançamento dos efluentes nos corpos d'água ou seu uso geral não pode ser realizado sem tratamento prévio, por isso, os tratamentos requerem uma série de processos necessários para remover essas impurezas (METCALF; EDDY, 2016).

A escolha do melhor sistema de tratamento de esgoto deve buscar a minimização do consumo de energia e outros insumos, minimização de resíduos gerados, minimização de custos de implantação, operação e manutenção, com garantia da eficiência de remoção de poluentes e matéria orgânica, uma vez que deverá atender aos requisitos ambientais do local a ser implantados (OLIVEIRA, 2004).

Atualmente há vários métodos para tratamento dos constituintes encontrados nos esgotos, podendo ser classificados principalmente em físicos, químicos e biológicos. Para o tratamento de um dado efluente muitas vezes uma solução bastante inteligente é a utilização de processos combinados para uma melhor eficiência do sistema. Estes métodos podem ser utilizados de maneira complementar, de tal forma que possam suprir deficiências apresentadas pelos processos quando aplicados isoladamente (KUNZ *et al.*, 2001; METCALF & EDDY, 2016). Mas para fins de facilitação e entendimento, são estudados separadamente, em processos unitários.

O tratamento pode ser expresso em três fases: preliminar, secundário e terciário. O tratamento preliminar é composto por unidades que fazem uma prévia remoção de sólidos grosseiros, tais como areia, restos de plantas e pequenos animais. O tratamento primário visa a remoção de sólidos em suspensão sedimentáveis ou flotáveis. O tratamento secundário é o principal responsável pela remoção da carga orgânica presente nas águas residuárias, os sistemas biológicos são os mais utilizados. A utilização de um agente biológico no tratamento de efluentes pode mostrar-se mais simples e econômica que o emprego de processos químicos, principalmente no tratamento final (polimento) de soluções que contêm baixas concentrações de poluentes, mas que ainda são inadequadas para descarte. O tratamento terciário é feito para remoção de substâncias específicas não removidas nos processos

anteriores - metais, nutrientes, como nitrogênio e fósforo, ou para desinfecção (GRANATO, 1995; OLIVEIRA, 2004).

No caso dos efluentes agrícolas, aproveitam grande quantidade de nutrientes, fazendo com que a matéria orgânica presente seja ótima para o consumo dos microrganismos (GUIA, 2018) e o tratamento consiste em apenas 3 etapas, a remoção de sólidos em suspensão e sedimentáveis, o tratamento biológico, que consiste na remoção de parte da matéria orgânica presente, assim remoção de metais e outras substâncias persistentes, visando manter os nutrientes necessários para crescimento das culturas e repor elementos e sais minerais, como o carbono e nitrogênio, fósforo, potássio, entre outros. A escolha dos melhores métodos, seguramente devem ser realizadas levando-se em conta os objetivos a serem alcançados com o tratamento (KUNZ *et al.*, 2001).

### 2.6.1 Comparativo entre as etapas de tratamento

Para reúso de efluentes, o tratamento é de maneira adaptada, dependendo da finalidade, com as etapas de tratamento necessárias para cada tipo de efluente. Portanto, no que diz respeito ao tratamento de água para o reúso agrícola, de acordo com Oliveira (2004), o tratamento pode ser expresso em três fases: preliminar, secundário e terciário, podendo ter uma quarta fase de acordo com seu uso pretendido (Quadro 1). Para que tenha a remoção de sólidos grosseiros, sólidos em suspensão e sedimentáveis, a remoção da carga orgânica por sistemas biológicos (mais utilizados); e a remoção de substâncias específicas não removidas nos processos anteriores.

Quadro 1 - Comparativo das etapas de tratamento nas esferas industrial, agrícola e urbana.

|                   | <b>Reúso Industrial</b>                   | <b>Reúso Agrícola</b>   | <b>Reúso Urbano</b>                                  |
|-------------------|---|---|--|
| <b>Etapas</b>     | 4   | 3   | 2  |
| <b>Preliminar</b> | Remoção de sólidos grosseiros             | Remoção de sólidos grosseiros e sólidos em suspensão                                | -  |
| <b>Primário</b>   | Coagulação e flocodécantação              | -   | Remoção de sólidos grosseiros e sólidos em suspensão |
| <b>Secundário</b> | Etapla biológica                          | Etapla biológica  | Coagulação e filtração                               |
| <b>Terciário</b>  | Filtração por membranas e outras técnicas | Remoção de substâncias específicas não removidas nas etapas anteriores (ex: metais) | -  |

Fonte: (OLIVEIRA, 2004; QUASIM, 2017; MARTINS *et al.*, 2020; PASSOS; BRANDÃO; CARVALHO, 2021, adaptado)

Segundo Cenci (2021), o tratamento do efluente para fins industriais deve ser pretendido de acordo com impactos potenciais como, corrosão e depósito de incrustações, além do conhecimento dos fatores que influenciam no comportamento da água de recirculação, tais como temperatura, tratamento químico entre outros. Para reúso domiciliar, no caso, as utilizadas são as águas cinzas, que não necessitam de uma maior quantidade de tratamento, pois contém uma quantidade de resíduos inferior aos do esgoto doméstico, o que torna o tratamento mais simples (PASSOS; BRANDÃO; CARVALHO, 2021). Já o tratamento de efluentes para o reúso na agricultura difere dos demais, devido ao aporte de nutrientes que se faz necessário às plantas (OLIVEIRA, 2021).



### 3 REÚSO NA AGRICULTURA

O reúso do esgoto na agricultura é uma técnica atrativa, já que o efluente contém alguns componentes importantes para o desenvolvimento das plantas. Devido a isso, o uso de esgoto na irrigação pode proporcionar redução significativa dos gastos com fertilizantes, a utilização de água de qualidade superior para outros fins e diminuir a quantidade de efluentes despejados nos corpos d'água (FILHO, 2013).

Segundo Hespanhol (2002), o uso de esgotos, particularmente no setor agrícola, se constitui em um importante elemento das políticas e estratégias de gestão de recursos hídricos. O reúso planejado de águas residuárias na agricultura busca atenuar o problema da escassez hídrica principalmente no semiárido. Essa prática surge como uma alternativa para os agricultores que não contam com uma fonte hídrica que supra as necessidades da sua produção (ANDRADE, 2021).

O tratamento de esgoto associado ao reúso agrícola apresenta-se como solução de saneamento básico rural, além de produzir uma água de qualidade, rica em nutrientes e segura do ponto de vista sanitário, que poderá estar disponível para a produção agrícola (MAYER et al., 2020). Conforme Cavalcante (2015), os esgotos após tratamento, podem ser reutilizados para fins que exigem água de qualidade não potável, mas sanitariamente segura e apropriada, pois apresentam uma proporção de nutrientes geralmente adequadas para a produção e nutrição de determinadas culturas.

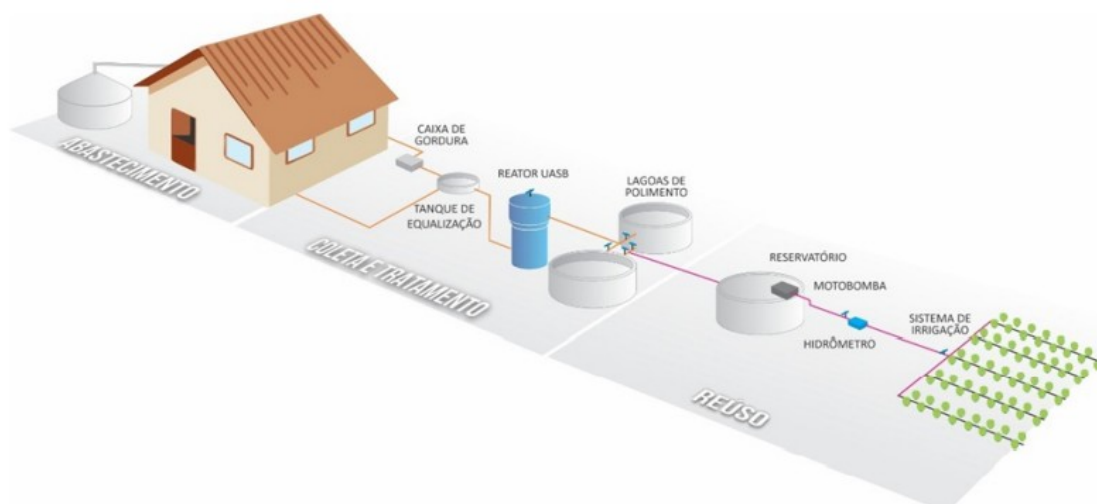
### 4 TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL E REÚSO DE ÁGUA

O reúso de água é classificado de acordo com seu grau de planejamento e finalidade (FERNANDES, 2006), sendo possibilitada no meio rural de maneira facilitada por meio da implantação do sistema SARA, o qual será o foco da pesquisa, que é uma das tecnologias utilizadas para tratamento e posterior reúso de água, a tecnologia Saneamento Ambiental e Reúso de Água (SARA). Desenvolvida por pesquisadores do núcleo de Recursos Hídricos do Instituto Nacional do Semiárido (INSA), de natureza invenção, como modelo de utilidade para saneamento ambiental e reúso de água, patente pendente junto ao INPI, a tecnologia SARA promove a coleta e o tratamento do esgoto domiciliar, sendo uma alternativa de água e nutrientes na agricultura familiar (AMORIM, 2021).

A gradual demanda de alimentos impulsiona a busca pelo aumento da produtividade agrícola. Sendo assim, é fundamental explorar o máximo potencial produtivo das culturas, o qual está relacionado a disponibilidade de água e nutrientes em níveis adequados (LUDWIG; PUTTI; BRITO, 2012). A SARA (Figura 3) é uma tecnologia alternativa para suprir essa necessidade no semiárido brasileiro, pela possibilidade de ser aplicada em 3 escalas, sendo elas unifamiliar, escolar e comunitária, proporcionando benefícios econômicos e socioambientais para a agricultura, tendo como objetivo a melhoria de qualidade de vida da zona rural na região Semiárida do Brasil.

Trata-se de um sistema destinado ao tratamento de efluentes para posterior reúso agrícola aplicado na zona rural, a fim de contribuir com a melhoria das condições de esgotamento sanitário e ampliar a disponibilidade de água para uso na irrigação.

**Figura 3** – Layout do sistema de tratamento de esgoto rural e de reúso agrícola.



Fonte: adaptado de Mayer *et al.* (2021)

O sistema de coleta e tratamento do esgoto bruto é composto por uma caixa de gordura e pelo tanque de equalização, ambos dimensionados com base na NBR 8.160/99 (ABNT, 1999); um reator UASB com capacidade de tratamento =  $1\text{m}^3/\text{d}$ ; TDH = 6 horas), baseado na proposta de Van Haandel e Lettinga (1994) e Santos *et al.* (2017); e duas lagoas de polimento operando em regime de batelada sequencial. As lagoas foram dimensionadas conforme recomendações de Cavalcanti (2009), visando ao decaimento de bactérias do grupo coliformes, a minimização de perda de água por evaporação e a manutenção dos nutrientes; para fins de projeto, considera-se uma vazão de esgoto em torno de  $6\text{m}^3/\text{mês}$  e um tempo de detenção hidráulica nas lagoas de aproximadamente 7 dias, objetivando a redução da carga orgânica, o alcance da segurança sanitária da água produzida e a preservação de nutrientes ( $\text{NH}_4$  - N e P), fundamentais para a nutrição das culturas exploradas.

A tecnologia utiliza o conceito da economia circular para o saneamento rural, ou seja, é realizada a coleta e o tratamento de esgoto para posterior reúso da água na agricultura familiar. Assim, a problemática da geração de esgoto é abordada de forma integrada, aliando o esgotamento sanitário e a recuperação de água e nutrientes. Isso é possível devido a eficiência na remoção de material orgânico, na conservação de nutrientes, principalmente Fósforo e Nitrogênio e remoção de patógenos, gerando um efluente sanitariamente seguro para ser utilizado na fertirrigação (Mayer *et al.*, 2021).

O tratamento de esgoto tem por objetivo principal mitigar os impactos ambientais causados pelo descarte *in natura* de efluentes em corpos hídricos e solucionar problemas relacionados a falta de saneamento (REIS; NOGUEIRA; OLIVEIRA 2021). O sistema SARA é implantado atendendo a 3 escalas: unifamiliar, escolar e comunitária divididas em algumas cidades do Nordeste Brasileiro. Todas as escalas são implantadas com uma vida útil de 20 anos. A distribuição espacial e os outros sistemas acoplados a tecnologia principal, como caixas de passagem e caixa de areia antes do tanque de equalização e expansão da rede coletora, são alguns dos fatores que podem variar na implantação do sistema, de forma que atenda a comunidade alvo de modo igualitário. Mas para atestar a eficiência do sistema, é

necessário um monitoramento da qualidade do efluente final através de procedimentos analíticos.

Alguns dos parâmetros que auxiliam essa determinação são: *E. coli*, ovos de helmintos, medida de pH, alcalinidade e condutividade elétrica. No entanto, os mais importantes são a determinação da demanda química de oxigênio (DQO) e demanda biológica de oxigênio (DBO). Sendo esta uma determinação fundamental para indicar o grau de poluição em efluentes, é considerada uma das análises mais importantes e essenciais no controle de cargas orgânicas, pois é indicador de matéria orgânica baseado na concentração de oxigênio consumido para oxidar a matéria orgânica, biodegradável ou não (TEIXEIRA *et al.*, 2007). Assim como Nitrogênio amoniacal e Fósforo total, por serem a principal fonte de nutriente a se preservar para crescimento das culturas. Os resultados analisados são comparados aos padrões de estabelecidos nas normas vigentes.

Como estudo de caso, pode-se citar uma unidade piloto no Assentamento São Domingos, situado na zona rural do município de Cubati - Paraíba, para atender a uma família com cinco pessoas.

Segundo Mayer *et al.*, (2020) o sistema foi composto por uma caixa de gordura de 31 L e pelo tanque de equalização de 1.670 L, ambos dimensionados com base na NBR 8.160/99 (ABNT, 1999); um reator UASB de 250 L com capacidade de tratamento = 1m<sup>3</sup>/d e TDH = 6 horas, baseado na proposta de van Haandel e Lettinga (1994) e Santos *et al.* (2017) e duas lagoas de polimento com diâmetro = 1,5 m, profundidade útil máxima = 0,8 m e volume útil = 1.413 L cada, operando em regime de batelada sequencial. Para fins de projeto, considerou-se uma vazão de esgoto em torno de 6 m<sup>3</sup>/mês e um tempo de detenção hidráulica nas lagoas de aproximadamente 7 dias. Foi instalado também um reservatório para armazenamento do efluente tratado, com volume total de 2.650 L; uma motobomba de 0,50 cv e um sistema de irrigação localizada, fertirrigando uma área de 1.750 m<sup>2</sup>, explorando a cultura do caju no espaçamento 5,0 x 2,5 m, totalizando 175 plantas. De posse das concentrações de nutrientes (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e P) contidas no efluente e da quantidade de água aplicada às culturas, estimaram-se os aportes de nutrientes às plantas.

Os resultados das variáveis monitoradas foram interpretados por meios estatísticos. Os resultados demonstraram que o sistema de tratamento operou com uma eficiência média de remoção de DBO<sub>5,20</sub> de 74% e obteve efetividade na remoção de patógenos, visto que o efluente produzido apresentou um valor médio de *E. coli* de 2,2 \* 10<sup>4</sup> NMP/100 mL e ausência de ovos de helmintos, atendendo às recomendações sanitárias da Organização Mundial da Saúde (OMS) para o uso pretendido. Preservaram-se também as concentrações iniciais de nitrogênio e fósforo. O sistema de reúso incrementou a disponibilidade de água na propriedade em 40 m<sup>3</sup>/ano, reduzindo os gastos com adubação mineral e com a compra de água.

Artigos que abordam sobre a tecnologia SARA podem ser encontrados em CEPAL (2020) - Investimentos transformadores para um estilo de desenvolvimento sustentável: Estudos de casos de grande impulso (Big Push) para a sustentabilidade no Brasil e MAYER *et al.* 2021 - Tratamento de esgoto na zona rural visando ao reúso agrícola no semiárido brasileiro.

Sendo assim, o SARA é um sistema que vem com papel de incutir a comunidade científica para o reúso de efluentes para agricultura, tornando possível concluir que a utilização desses é uma alternativa viável ao problema de escassez de água. É ainda fonte de nutrientes para as plantas e conseqüentemente aumentando a produtividade das culturas irrigadas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se dizer que o reúso de efluentes no semiárido brasileiro é uma alternativa sustentável frente a crise hídrica, buscando benefícios a longo prazo, evoluindo para uma sociedade e um mundo mais ecológico.

O Brasil ainda é escasso em termos de caráter normativo relativo ao tratamento de efluente. No Nordeste pode-se ver um forte apoio vindo do estado do Ceará, que tem sua própria lei sobre o reúso de água não potável, onde incentiva a prática e serve de base para os demais estados. É notória a necessidade de um arcabouço normativo, para que a prática do reúso seja estimulada, pois o regulamento estabelece limites e minimizam os danos.

Quanto mais enfrentamos a escassez hídrica, inúmeras estudos e técnicas surgem a fim de trazer soluções para esse problema, como o caso dos sistemas de tratamento para efluentes para reúso agrícola. Tais técnicas devem ser estimuladas, pois traz vantagens como melhorias ambientais, econômicas e de saúde. Técnicas como o SARA são alternativas simplificadas de tratamento de efluentes que pode reduzir drasticamente os diversos problemas causados pela falta de saneamento na zona rural do semiárido nordestino, uma vez que tem um baixo custo quando comparado aos gastos com a água potável ou com o uso discriminado do esgoto bruto e necessita de pouca manutenção.

A utilização do efluente tratado na irrigação das culturas evitam o desperdício de água potável e repõe elementos e sais minerais, como nitrogênio, fósforo, potássio, entre outros, que reduzem o uso de fertilizantes. A água de reúso pode conter alguns poluentes e material orgânico em excesso, sendo danoso a saúde e ao meio ambiente, reforçando a necessidade de arcabouços normativos para uma melhor gestão desse sistema.

A revisão bibliográfica acerca do tema reúso de efluentes domésticos para aplicação na agricultura relacionada a uma abordagem prática no contexto socioambiental se mostra uma temática pouco abordada na literatura, confirmando uma importante lacuna de pesquisa científica a ser investigada.

Portanto, para trabalhos futuros, recomenda-se que invistam na educação ambiental de toda sociedade, com palestras, cursos de capacitação, entre outras movimentações, para obter uma melhor aceitação da sociedade e maior apoio do governo, bem como mais pesquisas para o aperfeiçoamento de técnicas e obtenção de informações, de modo a aumentar o arcabouço normativo que facilitará a propagação do sistema, alcançando assim, uma gestão efetivamente sustentável.

## REFERÊNCIAS

ABNT NBR 13.969/97. **Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação** Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

Águas do Brasil. Reuso: **Instrumento de um novo modelo de gestão das águas**, 2020. Disponível em: <https://aguasdobrasil.org/artigo/reuso/>. Acesso em: 05 Jan. De 2022.

AMORIM, R. **Tecnologia SARA: uma alternativa em potencial frente à vulnerabilidade hídrica no Semiárido**, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/insa/ptbr/assuntos/noticias/a-tecnologia-sara-frente-a-problematICA-da-vulnerabilidade-hidrica-nosemiarido>. Acesso em: 22 Jan. de 2022.

ANA - Agência Nacional De Águas e Saneamento básico. **Reúso de água e potenciais perigos e riscos à saúde humana e ao meio ambiente. Reúso de Água Agrícola e Florestal**, cap 05, 2014. Disponível em: <http://dSPACE.agencia.gov.br:8080/conhecerhana/2218> . Acesso em: 12 Fev. De 2022.

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Estudo da Agência Nacional de Águas aborda uso da água no setor industrial**, 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias/estudo-da-agencia-nacional-de-aguas-abordauso-da-agua-no-setor-industrial>. Acesso em: 18 Jan. de 2022

ANA - Agência Nacional De Águas e Saneamento básico. **Panorama das águas**. Brasília: ANA, 2018. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua>. Acesso em: 21 dez, 2021.

ANDRADE, L. R. dos S. **Sistema alternativo de tratamento de águas residuárias destinadas ao reúso agrícola**. Tese do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, da Universidade Federal de Campina Grande, para obtenção do grau de Doutor em Recursos Naturais, p. 154, Campina Grande, 2021.

BARRETO, A. H. da S.; SOUSA, O. N, de. **Reuso do efluente tratado na produção de mudas para recuperação da vegetação nativa do Campus UFERSA - Angicos**, p. 20, 2018. Trabalho de Conclusão de curso apresentado para a Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Rio Grande do Norte, 2021

BRASIL, 1981. **Conselho Nacional do Meio Ambiente. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Conferida pelo inciso VII do art. 8º, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990 e suas alterações, tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, Anexo à Portaria nº 168, de 13 de junho de 2005. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=114770>. Acesso em: 19 Dez. de 2021.

BRASIL, 1997. **Lei nº 9433 de 08 de Janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19433.html](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.html). Acesso em: 26 Fev. de 2022.

BRASIL, 2005. **Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução nº 54, de 28 de Novembro de 2005.** Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. Disponível em: <https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2054.pdf>. Acesso em: 26 Fev. de 2022.

BRASIL, 1997. **Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução nº 58, de 30 de Janeiro de 2006 .** Aprova o Plano Nacional de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Disponível em: <https://cnrh.mdr.gov.br/2013-10-27-00-11-8#:~:text=O%20Plano%20Nacional%20de%20Recursos,Federal%20e%20das%20bacias%20hidrogr%C3%A1ficas>. Acesso em: 26 Fev. de 2022.

BRASIL, 2010. **Lei nº 14.844 de 28 de Dezembro de 2010.** Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos - SIGERH, e dá outras providências. Disponível em: <https://belt.al.ce.gov.br/index.php/legislacao-do-ceara/organizacao-tematica/desenv-regionalrecursos-hidricos-minas-e-pesca/item/379-lei-n-14-844-de-28-12-10-do-30-12-10>. Acesso em: 26 Fev. de 2022.

BRASIL, 2015. **Governo Municipal de São Paulo. Lei nº 16.174, de 22 de abril de 2015.** Estabelece regramento e medidas para fomento ao reúso de água para aplicações não potáveis, oriundas do polimento do efluente final do tratamento de esgoto, de recuperação de água de chuva, da drenagem de recintos subterrâneos e de rebaixamento de lençol freático e revoga a Lei Municipal nº 13.309/2002, no âmbito do Município de São Paulo e dá outras providências. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=114770>. Acesso em: 19 Dez. de 2021.

BRASIL, 2019. **Câmara dos Deputados. PL 2609/2019.** Altera a Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001 para determinar à implementação de mecanismos de estímulo a instalação de sistemas de coleta, armazenamento e utilização de águas pluviais em edificações públicas e privadas. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/propostaslegislativas/2251907> Acesso em: 19 Dez. de 2021.

BRASIL. **Câmara dos Deputados. Projeto de Lei nº 563, de 24 de Fev. de 2021.** Dispõe sobre o reúso direto de água residual por indústrias. Brasília: Câmara dos Deputados, 2021. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoes>. Acesso em: 15 Jan. 2022

CAMPOS, F. ; ARAÚJO, K. B. de. **Fertirrigação e o reúso de Água na agricultura. Revista de Saúde, Meio ambiente e Sustentabilidade**, Vol. 15 no. 1, Junho de 2020. São Paulo, 2020.

CARLI, A. A. de; COSTA, L. de A. **Água potável e Saneamento básico: O encontro necessário de dois direitos fundamentais à saúde da vida em geral. Revista de Direito e Sustentabilidade.** v. 6, n. 1, 2020.

CAVALCANTE, K. L. **Caracterização química dos efluentes das estações de tratamento de esgoto doméstico de Petrolina – PE para potencialidade de reúso na agricultura irrigada.** Anais II WIASB. Realize Editora, Campina Grande, 2015.

CENCI, S. T. **Avaliação do reúso de efluente tratado em uma estação de tratamento de efluentes compacta em torres de resfriamento**, p. 48, 2021. Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do título de Gestora Ambiental na Indústria na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Bento Gonçalves, 2021.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **O problema da escassez de água no mundo**. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguasinteriores/informacoes-basicas/tpos-de-agua/o-problema-da-escassez-de-agua-no-mundo/>. Acesso em: 17 Dez. de 2021.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo**. São Paulo, 2016. Disponível em: [https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wpcontent/uploads/sites/12/2013/11/Cetesb\\_QualidadeAguasInteriores\\_2016\\_corre%C3%A7%C3%A3o02-11.pdf](https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wpcontent/uploads/sites/12/2013/11/Cetesb_QualidadeAguasInteriores_2016_corre%C3%A7%C3%A3o02-11.pdf). Acesso em: 17 Dez. de 2021.

COELHO, Tiago da Silva. **Candido Portinari e Graciliano Ramos: diálogos de Vidas Secas com os Retirantes. Baleia na Rede: Ed. Estudos em arte e sociedade**, V. 1. 2015.

COSTA, M. V. da. **Análise regionalizada da implementação do reúso agrícola no Semiárido Brasileiro**. Dissertação apresentada Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, no Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, p. 109. Sumé, 2021.

DANIELI, A. ; GARCIA, D. S. S. **Águas de reúso: Intersecções e experiências entre Brasil e Espanha, 2021. E-book digital. Direito Ambiental e sustentabilidade**, v. 1, p. 262. Disponível em: <https://iuaca.ua.es/documentos/documentos/ebooks/ebook-univali-2016-v1.pdf>. Acesso em: 27 Dez. de 2021

DIAS, D. M. dos S.; RAIOL, R. W. G.; NONATO, D. do N. **Saneamento e direito à cidade. Ponderações sobre abastecimento de água e esgotamento sanitário na cidade de Belém - PA. Revista de direito da cidade** v. 9, nº 4, 2017.

DINIZ, G. J. da; TINÓCO, J. D.; MEDEIROS, I. B. de A. **Avaliação do potencial de aplicação de efluente doméstico tratado ao reúso voltado à produção de forragem animal com campim tifton-85 no município de florânia**, p. 33. Dissertação apresentada ao Programa de PósGraduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mes

FERREIRA, G. L. B. V. **Fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos**, p. 11. Anais de Evento. XIII SIMPEP – Bauru, 2006.

FERNANDES, V. M. C. **Padrões para reúso de águas residuárias em ambientes urbanos. Anais de evento. Simpósio Nacional sobre o uso da água na agricultura**, 2. Passo Fundo, 2006

FIESP. **Conservação e reúso da água**. Disponível em: <http://fiesp.com.br/conservacaoereusodaagua>. Acesso em: 20 Jan. De 2022.

FREITAS, A. CNN BRASIL. **Brasil perde 15% de superfície de água desde o começo dos anos 1990**. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em:

<https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/brasil-perde-15-de-superficie-de-agua-desde-o-comeco-dos-anos1990/#:~:text=A%20superf%C3%Adcie%20coberta%20por%20%C3%A1gua,estado%20do%20Rio%20de%20.> Acesso em: 15 Jan. de 2022.

GOMES, C. N.; COELHO, D. J. S. da C. S. **A regulação no âmbito do saneamento básico e a necessidade do desenvolvimento da função regulatória em decorrência do projeto de lei nº 4.162/2019**. *Revista Humanidades e inovação* v.7, nº 20, 2020.

GOMES, E. V. de F. **Avaliação dos efeitos de diferentes águas de reúso sobre a germinação de sementes de milho**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Civil do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Caruaru, 2021.

GUIA, A. P. de O. M. **Produtividade de Milho Verde Cultivado em Sucessão a Adubação Verde com Aplicação de Microrganismos Eficientes, nas Condições de Matias Barbosa, MG**. Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências, no Curso de PósGraduação em Agricultura Orgânica. Seropédica - RJ, 2018.

GRANATO, M. **Utilização do Aguapé no Tratamento de Efluentes com Cianetos**. *Centro de Tecnologia em Mineração – MCTI*. Rio de Janeiro, 1995.

HERCULANO, E. V. A.; SILVA, V. F.; RIBEIRO, I. R.; MEDEIROS, L. F.; JUNIOR, A. F.; MARTINS, W. A. **Crescimento de mudas de Mimosa caesalpiniifolia Benth submetida a diferentes níveis de irrigação**. *Revista Brasileira de Geografia Física* v.15, n.02 (2022) 913-925.

HESPANHOL, I. **A inexorabilidade do reúso potável direto**. *Revista DAE*. Edição nº: 198. São Paulo, 2015.

HESPANHOL, I. **Potencial de Reuso de Água no Brasil: Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. Vol. 7 n.4 Out/Dez 2002, 75-95. São Paulo, 2002.

KUNZ, A.; FONGARO, G., **Tecnologias para tratamentos de efluentes da produção animal visando ao reúso de água**. *Revista Produção Animal e Recursos Hídricos - Embrapa*, p.19. Brasília, 2001

KREUTZBERGER, B.; SCHIMMOLLER, L.; ORSINI, F.; MARCATO, F.; ANDRADE, B. H. de; CORREIA, P. **Elaboração de proposta do plano de ação para instituir uma política de reúso de efluente sanitário tratado no Brasil**. *Interáguas*. Ministério das Cidades e Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura – IICA. Acordo de Empréstimo nº 8074 - BR – Banco Mundial, 2017

LUDWIG, R.; PUTTI, F. F.; BRITO, R. R. **Revisão sistemática sobre o uso de efluentes na agricultura**. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental Da Alta Paulista*. Vol 8, nº 6, 2012.



MARINHO, J. S. F. **Integração piscicultura-agricultura como alternativa para o Nordeste: uma revisão de literatura.** Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia de Aquicultura da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2022.

MARTINS, D. D. dos S. ; MAIA, D. S. ; AZEVEDO, A. A. G. ; CAMARGO, R. V. ; PEDROZA, M. M. ; SERRA, J. C. **Avaliação da aplicabilidade da máquina de lavar roupa após tratamento completo e simplificado.** Revista AIDIS, 2020.

MAYER, M. C.; BARBOSA, R. de A.; LAMBAIS, G. R.; MEDEIROS, S. de S.; VAN HAANDEL, A. C.; SANTOS, S. L. **Tecnologia de tratamento de esgoto: uma alternativa de saneamento básico rural e produção de água para reúso agrícola no semiárido brasileiro.** CEPAL, p.13, 2020

MAYER, M. C et al. 2021. **Tratamento de esgoto na zona rural visando ao reúso agrícola no semiárido brasileiro.** Revista DAE, 2021.

MEJIA, M.; MELO, M. C. de; SANTOS, A. S. P. **Instrumento de um novo modelo de gestão das águas.** Águas do Brasil, 2020. Disponível em:  
<https://aguasdobrasil.org/artigo/reuso/>. Acesso em: 16 Dez. de 2021.

MENEZES, V. V. S. de. **Aplicação da aquaponia no nordeste brasileiro, uma revisão.** Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Pesca do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2022.

METCALF, A.; EDDY, M. S., **Wastewater Engineering. Treatment, Disposal and Reuse.** 3. ed. New Yorl: McGraw-Hill, 1991, p.1334.

METCALF, L.; EDDY, H. P. **Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos - 5ed.** cap. 1. 2016.

NEVES, E. das; GUTIERRES, M. I. de A.; SILVA, P. F. da.; SANTOS, T. M. **Determination of hydric demand through the use of evaporimeters tanks.** Research, Society and Development, v. 11, n. 1, 2022.

OLIVEIRA, S. **Modelo para tomada de decisão na escolha de sistema de tratamento de esgoto sanitário.** Tese para obtenção do título de doutor em Administração. São Paulo, 2004.

OLIVEIRA, L. N. R. **Cultivo de palma fertirrigada com água residuária em sistema agroflorestal.** Dissertação apresentada Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos. Paraíba, 2021.

PASSOS, E. S.; BRANDÃO, L. F. S.; CARVALHO, R. S. de. **Tratamento de águas cinzas por meio de filtro com leito associado de resíduos da construção civil, esponjas utilizadas e antracito.** Revista Tecnologia e Ambiente, v. 27, 2021, Criciúma, Santa Catarina, 2021.

PORTAL Tratamento de Água. **Projeto torna obrigatório reúso de água para fins não potáveis em novas edificações,** 2020. Disponível em:  
<https://tratamentodeagua.com.br/reusoagua-nao-potaveisedificacoes/#:~:text=O%20Projeto%20de%20Lei%202451,%2C%20residenciais%2C%20co merciais%20e%20industriais.>  
 Acesso em 17 Dez. de 2021.

PORTAL TS. **O reúso de água no setor automotivo, 2021.** Disponível em: <https://www.portalts.com.br/o-reuso-de-agua-no-setor-automotivo> . Acesso em: 17 Dez. de 2021.

QASIM, S. R. **Wastewater Treatment Plants: Planning, Design, and Operation., Second Edi ed. New York: Routledge, 2017.**

REIS, J. da S.; NOGUEIRA, R. R.; OLIVEIRA, H. M. de. **Análise dos impactos socioeconômicos, de infraestrutura urbana e ambiental da instalação de uma estação de tratamento de efluentes no município de Leopoldina\_MG.** Manakin Repository, 2021.

SANTOS, B. F. S. dos. **Análise da aceitabilidade popular quanto ao reúso de esgoto para fins potáveis e sua influência no desempenho desse tipo de projeto.** 2021. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação de Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Sergipe, Aracaju, 2021

SANTOS, A. B. dos. **Modelagem de habitação sustentável para propriedades rurais do semiárido potiguar.** Trabalho de Conclusão de Curso na modalidade Artigo Científico, submetido ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2022.

SANTOS, M. F.; SANTOS, R. S.; BERETTA, M. **Reuso de efluentes em atividades industriais.** Anais de evento. XII Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe, Aracaju, 2018.

SILVA, J. N. M.; SANTOS, M. S. dos; BORGES, J. O. L.; SEGISNANDO, L. da S.; LOPES, M. de L.; CAMPELO, M. dos S.; ALVARENGA, E. M. **Estudo de percepção ambiental: diferentes perspectivas acerca de corpos d'água em municípios do Nordeste brasileiro.** Revista ForScience, 2021.

SILVEIRA, M. G. S. **Trajetória da Conferência Nacional Infantojuvenil pelo Meio Ambiente na Fronteira Oeste – RS.** Editora Amplla, 188 p. Campina Grande, 2021.

SMIRDELE, J. J.; CAPODEFERRO, M. W.; PARENTE, A. T. M. **Comparação entre as políticas públicas de incentivo ao reúso da água residuária no Brasil e no cenário internacional.** Revista ABES IV-1538, ABES, 2021.

TAMAIIO, I. ; CHAGAS, G. C. **A educação ambiental no contexto da escassez hídrica: o racionamento no Distrito Federal entre 2017 e 2018.** Revista Revbea, São Paulo, V. 16, No2:409-427. São Paulo, 2021.

TEIXEIRA, N. de Q.; MIRANOVA, S. A. F.; SILVA, M. do S. R. da. **Monitoramento de uma estação de tratamento de efluentes de laboratório.** Anais de evento. XVI Jornada de Iniciação Científica PIBIC CNPq/FAPEAM/INPA. Manaus, 2007.

TERA. **O que é a Política Nacional de Recursos Hídricos e a sua importância para o meio ambiente,** 2020. Disponível em: <https://www.teraambiental.com.br/blog-da-teraambiental/o-que-e-a-politica-nacional-de-recursos-hidricos-e-a-sua-importancia-para-o-meioambiente>. Acesso em: 11 Jan. de 2022.

VON SPERLING, M. & MOTA, F. S. B. **Esgoto, Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção. PROSAB 5**, Tema 2, 2009.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, por ser minha força e fazer com que meus objetivos fossem alcançados, vencendo todos os obstáculos durante toda minha jornada acadêmica.

A minha mãe Andréa Magally, ao meu pai Sérgio Pereira e meu irmão Caio, por sempre me apoiarem em todas as decisões da vida, pelo amor, por sempre estarem presentes, pela amizade, incentivo e apoio incondicional.

Ao meu noivo Bruno Diego, que sempre esteve do meu lado, me apoiando em tudo, por sempre acreditar em mim, por todo seu amor e paciência, por sua gentileza e compreensão.

As minhas amigas acadêmicas e de vida Sabrina Holanda e Renaly Maria pelo companheirismo desde o primeiro período até o fim. Aos meus grandes amigos Ayrton Natthan e Patrícia Pinheiro por toda amizade e suporte nessa reta final. A Raquel Bezerra, Milena Darc e Hebert Jonathan por todos os “perrengues universitários” passados juntos. Aos meus amigos Thiago Henrique e Ítalo Meira por sempre acreditarem em mim e no meu sucesso.

Aos professores, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo do curso. Em especial a Neyliane Costa, por ter sido minha orientadora, não só agora, mas durante todo o curso, por sempre me socorrer e ter desempenhado tal função com tanta dedicação e amizade.

Ao grupo de Recursos Hídricos do INSA, em especial a Rodrigo Andrade, Wilza Lopes e Matheus Mayer por todos os conhecimentos passados, enriquecendo o meu processo de aprendizado.

E as pessoas com quem convivi ao longo desses anos de curso, que me incentivaram e que certamente tiveram impacto na minha formação acadêmica.