Esgoto Tratado e Desenvolvimento Sustentável:

Soluções para o Semiárido Urbano

Diego Angeles Carvalho Macêdo

AYA EDITORA
2025

Esgoto Tratado e Desenvolvimento Sustentável:

Soluções para o Semiárido Urbano

Diego Angeles Carvalho Macêdo

Esgoto Tratado e Desenvolvimento Sustentável:

Soluções para o Semiárido Urbano

AYA EDITORA
2025

Direção Editorial
Prof.° Dr. Adriano Mesquita Soares
Autor
Diego Angeles Carvalho Macêdo
Capa
AYA Editora©
Revisão
O Autor
Executiva de Negócios
Ana Lucia Ribeiro Soares
Produção Editorial
AYA Editora©
Imagens de Capa
br.freepik.com
Área do Conhecimento
Engenharias

Conselho Editorial

Prof.° Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva (UNIDAVI)
Prof.ª Dr.ª Adriana Almeida Lima (UEA)
Prof.° Dr. Aknaton Toczek Souza (UCPEL)
Prof.° Dr. Alaerte Antonio Martelli Contini (UFGD)
Prof.° Dr. Argemiro Midonês Bastos (IFAP)
Prof.° Dr. Carlos Eduardo Ferreira Costa (UNITINS)
Prof.° Dr. Carlos López Noriega (USP)
Prof.ª Dr.ª Claudia Flores Rodrigues (PUCRS)
Prof.ª Dr.ª Daiane Maria de Genaro Chiroli (UTFPR)
Prof.ª Dr.ª Danyelle Andrade Mota (IFPI)
Prof.ª Dr.ª Déa Nunes Fernandes (IFMA)
Prof.ª Dr.ª Déborah Aparecida Souza dos Reis (UEMG)
Prof.° Dr. Denison Melo de Aguiar (UEA)
Prof.° Dr. Emerson Monteiro dos Santos (UNIFAP)
Prof.° Dr. Gilberto Zammar (UTFPR)
Prof.° Dr. Gustavo de Souza Preussler (UFGD)
Prof.ª Dr.ª Helenadja Santos Mota (IF Baiano)
Prof.ª Dr.ª Heloísa Thaís Rodrigues de Souza (UFS)
Prof.ª Dr.ª Ingridi Vargas Bortolaso (UNISC)
Prof.ª Dr.ª Jéssyka Maria Nunes Galvão (UFPE)
Prof.° Dr. João Luiz Kovaleski (UTFPR)
Prof.° Dr. João Paulo Roberti Junior (UFRR)
Prof.° Dr. José Enildo Elias Bezerra (IFCE)
Prof.° Dr. Luiz Flávio Arreguy Maia-Filho (UFRPE)
Prof.ª Dr.ª Marcia Cristina Nery da Fonseca Rocha Medina (UEA)
Prof.ª Dr.ª Maria Gardênia Sousa Batista (UESPI)
Prof.° Dr. Myller Augusto Santos Gomes (UTFPR)
Prof.° Dr. Pedro Fauth Manhães Miranda (UEPG)
Prof.° Dr. Rafael da Silva Fernandes (UFRA)

Prof.° Dr. Raimundo Santos de Castro (IFMA)
Prof.ª Dr.ª Regina Negri Pagani (UTFPR)
Prof.° Dr. Ricardo dos Santos Pereira (IFAC)
Prof.° Dr. Rômulo Damasclin Chaves dos Santos (ITA)
Prof.ª Dr.ª Silvia Gaia (UTFPR)
Prof.ª Dr.ª Tânia do Carmo (UFPR)
Prof.° Dr. Ygor Felipe Távora da Silva (UEA)

Conselho Científico

Prof.° Me. Abraão Lucas Ferreira Guimarães (CIESA)
Prof.ª Dr.ª Andreia Antunes da Luz (UniCesumar)
Prof.° Dr. Clécio Danilo Dias da Silva (UFRGS)
Prof.ª Ma. Denise Pereira (FASU)
Prof.° Dr. Diogo Luiz Cordeiro Rodrigues (UFPR)
Prof.° Me. Ednan Galvão Santos (IF Baiano)
Prof.ª Dr.ª Eliana Leal Ferreira Hellvig (UFPR)
Prof.° Dr. Fabio José Antonio da Silva (HONPAR)
Prof.ª Ma. Jaqueline Fonseca Rodrigues (FASF)
Prof.ª Dr.ª Karen Fernanda Bortoloti (UFPR)
Prof.ª Dr.ª Leozenir Mendes Betim (FASF)
Prof.ª Dr.ª Lucimara Glap (FCSA)
Prof.ª Dr.ª Maria Auxiliadora de Souza Ruiz (UNIDA)
Prof.° Dr. Milson dos Santos Barbosa (UniOPET)
Prof.ª Dr.ª Pauline Balabuch (FASF)
Prof.ª Dr.ª Rosângela de França Bail (CESCAGE)
Prof.° Dr. Rudy de Barros Ahrens (FASF)
Prof.° Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares (UFPI)
Prof.ª Dr.ª Silvia Aparecida Medeiros Rodrigues (FASF)
Prof.ª Dr.ª Sueli de Fátima de Oliveira Miranda Santos (UTFPR)
Prof.ª Dr.ª Tássia Patricia Silva do Nascimento (UEA)
Prof.ª Dr.ª Thaisa Rodrigues (IFSC)

© 2025 - AYA Editora. O conteúdo deste livro foi enviado pelo autor para publicação em acesso aberto, sob os termos da Licença Creative Commons 4.0 Internacional **(CC BY 4.0)**. Esta obra, incluindo textos, imagens, análises e opiniões nela contidas, é resultado da criação intelectual exclusiva do autor, que assume total responsabilidade pelo conteúdo apresentado. As interpretações e posicionamentos expressos neste livro representam exclusivamente as opiniões do autor, não refletindo, necessariamente, a visão da editora, de seus conselhos editoriais ou de instituições citadas. A AYA Editora atuou de forma estritamente técnica, prestando serviços de diagramação, produção e registro, sem interferência editorial sobre o conteúdo. Esta publicação é fruto de pesquisa e reflexão acadêmica, elaborada com base em fontes históricas, dados públicos e liberdade de expressão intelectual garantida pela Constituição Federal (art. 5º, incisos IV, IX e XIV). Personagens históricos, autoridades, entidades e figuras públicas eventualmente mencionadas são citados com base em registros oficiais e noticiosos, sem intenção de ofensa, injúria ou difamação. Reforça-se que quaisquer dúvidas, críticas ou questionamentos decorrentes do conteúdo devem ser encaminhados exclusivamente ao autor da obra.

M141 Macêdo, Diego Angeles Carvalho

Esgoto tratado e desenvolvimento sustentável: soluções para o semiárido urbano [recurso eletrônico]. / Diego Angeles Carvalho Macêdo. -- Ponta Grossa: Aya, 2025. 45 p.

Inclui biografia
Inclui índice
Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.
Modo de acesso: World Wide Web.
ISBN: 978-65-5379-813-7
DOI: 10.47573/aya.5379.1.394

1. Desenvolvimento de recursos hídricos - Brasil. 2. Sustentabilidade e meio ambiente. 3. Educação ambiental. 4 Esgotos. 5. Esgotos - Aspectos ambientais. 6.Abastecimento de água na agricultura. I. Título

CDD: 363.7

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Bruna Cristina Bonini - CRB 9/1347

International Scientific Journals Publicações de Periódicos e Editora LTDA

AYA Editora©
CNPJ: 36.140.631/0001-53
Fone: +55 42 3086-3131
WhatsApp: +55 42 99906-0630
E-mail: contato@ayaeditora.com.br
Site: https://ayaeditora.com.br
Endereço: Rua João Rabello Coutinho, 557
Ponta Grossa - Paraná - Brasil
84.071-150

Sumário

APRESENTAÇÃO **8**

INTRODUÇÃO **9**

Problema de Pesquisa 11

Proposições 13

Objetivos Geral e Específicos 14

Justificativa 14

METODOLOGIA **18**

Procedimentos Metodológicos 18

Procedimentos de Análise de Dados 21

RESULTADO E DISCUSSÃO **27**

CONSIDERAÇÕES FINAIS **32**

REFERÊNCIAS **34**

SOBRE O AUTOR **39**

ÍNDICE REMISSIVO **40**

APRESENTAÇÃO

A precariedade do saneamento básico em muitas regiões do Brasil ainda impõe desafios significativos, especialmente em contextos urbanos em expansão. Este livro aborda a realidade de Teresina-PI, propondo o reuso de efluentes tratados como solução viável para ampliar o sistema de esgotamento sanitário e, simultaneamente, atenuar pressões sobre os mananciais da região.

A proposta é sustentada por dados locais e experiências realizadas em áreas de clima semelhante. O autor analisa como o reaproveitamento de efluentes pode ser integrado à irrigação agrícola, aproveitando seus nutrientes e reduzindo a dependência de fertilizantes, com impactos positivos sobre o solo, os cursos d'água e a economia local.

Ao tratar dos aspectos técnicos e operacionais do sistema de tratamento por lagoas de estabilização, a obra identifica pontos estratégicos para sua aplicação em Teresina. Também são discutidos os riscos e as limitações do reuso, especialmente em culturas alimentares, reforçando a necessidade de controle e monitoramento adequados.

A análise documental e a comparação de alternativas de tratamento revelam caminhos práticos e contextualizados para políticas públicas de gestão hídrica. O autor argumenta que a adoção do reuso, ainda pouco institucionalizada no país, pode contribuir de forma concreta para a ampliação da cobertura sanitária.

Este volume oferece subsídios relevantes para profissionais das áreas de engenharia, gestão ambiental e planejamento urbano, além de contribuir para o debate sobre o uso racional da água em regiões com escassez. A leitura estimula uma reflexão fundamentada sobre estratégias de adaptação e uso eficiente dos recursos disponíveis.

Boa leitura!

INTRODUÇÃO

A utilização do reuso de efluentes de esgotos para ampliação do sistema de esgotamento sanitário de Teresina-PI

O sistema de esgotamento sanitário vem sendo bastante discutido nos últimos anos em todo o Brasil, pois o país apresenta carência de tratamento de esgoto em varias regiões. Ainda existem lugares onde o esgoto corre a céu aberto, despejo de esgotos domésticos nos corpos d' águas naturais (rios, lagos e mares) sem seu devido tratamento causando danos ao meio ambiente, doenças, tornando o ambiente desagradável e pondo um grande risco à saúde pública (FUNASA, 2014).

A situação é crítica em relação à rede de esgotamento sanitário e no Piauí cerca 204 cidades não possuem rede de esgotamento sanitário, Teresina apresenta um valor médio de 19%, muito abaixo da média nacional 47,2%, apresentando os menores índices de esgotamento sanitário do País. Em relação ao tratamento de esgoto, apenas a unidade hidrográfica do Poti, que se encontra no Baixo Parnaíba dispõe deste serviço com 9,2% (SEMAM, 2015).

Então surge uma preocupação de ampliar o sistema de esgotamento sanitário para suprir o crescimento populacional na região, onde a falta de saneamento básico dificulta o crescimento imobiliário, pois em construções de prédios residenciais não se tem como lançar os efluentes de esgotos que esses empreendimentos irão produzir (Lima, 2011).

O Governo Federal criou o Plano Nacional de Saneamento que estabelece diretrizes, metas e ações de saneamento básico para o país nos próximos 20 anos. E que tinha como meta até o final de 2015 para cumprir e desenvolver o plano, como consequência de que o município ficará de fora da cota de distribuição orçamentária para os investimentos na área, mas que o prazo foi prorrogado devido à insuficiência de municípios que realizaram o plano. Uma das principais consequências da falta de sistema de esgotamento sanitário é sobre os recursos hídricos, onde o lançamento de esgoto em seus

efluentes dificulta a qualidade de vida da população. Os principais recursos hídricos da região é a Bacia do Rio Poti e do Rio Parnaíba na sub-bacia do Baixo Parnaíba em Teresina onde a degradação da vegetação natural é uma consequência da ocupação territorial, sendo variável nas diversas áreas em função da dinâmica das atividades econômicas (Abastecimento humano, geração de energia elétrica, pesca lazer e turismo) (FGV, 2013).

O Rio Parnaíba além de lançamentos de esgotos, também sofre um rápido assoreamento, em decorrência da destruição das matas ciliares presentes na beira do rio pelas queimadas para o plantio de lavouras nas áreas de vazantes, com a retirada dessa vegetação o solo ali presente é facilmente carreado para o leito do rio e, com o passar dos dias, devido à ação de espalhamento dessa areia causada pela correnteza, o rio torna-se cada vez mais raso, formando concentração de areias no leito (coroas). As expansões destas lavouras nas proximidades do leito contaminam o solo e o lençol freático por agrotóxicos utilizados em grande escala ameaçando as nascentes dos mananciais (Oliveira, 2006).

Segundo dados da Caixa econômica federal, com esses incentivos governamentais tanto do Governo Federal tanto como investimentos mundiais, Teresina entra no processo de avanço na área de saneamento básico, com a criação de projetos básicos e executivos oriundos do plano nacional de saneamento para ampliar o sistema de esgotamentos sanitários para cerca de 50 % (Emanuel, 2015).

A incorporação da prática de reuso nos planos nacionais de saneamento básico na gestão de recursos hídricos, agrícola e de esgoto é de grande importância para regiões áridas e semiáridas. O reuso implica em redução de custos, principalmente se é considerado em associação com novos projetos de sistemas de tratamento, uma vez que os padrões de qualidade de efluentes, necessários para diversos tipos de uso, são menos restritivos do que os necessários para proteção ambiental. Águas de menor valor, tais como, o uso de esgotos, águas de drenagem agrícola ou águas salobras, são, espontaneamente utilizadas, principalmente em agricultura e

piscicultura, embora ocorram manifestações de reuso agrícola não planejado ou inconsciente em diversas regiões brasileiras, a prática do reuso de água associada ao setor público ainda é extremamente incipiente no Brasil. Vem sendo incentivado pelo setor privado, nas indústrias, constantemente se conscientizando de que a prática de reuso e reciclagem pode trazer benefícios significativos tanto no que concerne ao processamento industrial quanto em relação às águas de utilidades, pois as politicas tarifárias cobradas pelos órgãos públicos de saneamento, assim como o advento e a implementação das estruturas de outorga e cobrança, tanto na tomada de água como na diluição dos despejos produzidos, têm levado as indústrias a dedicarem especial atenção às novas tendências e tecnologias disponíveis para reuso e reciclagem de efluentes. Tornando-se necessário estabelecer mecanismos para institucionalizar, regulamentar e incentivar a prática do reuso estimulando as que permanecem embrionárias e promover o desenvolvimento daquelas que ainda não se iniciaram no Brasil, os aspectos relativos às secas prolongadas, especialmente no nosso Nordeste e à crescente poluição dos cursos de água, no território nacional. Uma política de reuso adequadamente elaborada e implementada contribuiria para a seca, dispondo de volumes adicionais para o atendimento da demanda em períodos de oferta reduzida, e a poluição, atenuada face à diversão de descargas poluidoras para usos benéficos específicos de cada região. Além disso, as atividades de reuso adequadamente coordenadas se constituiriam em elemento valioso para melhor utilização dos recursos hídricos disponíveis, controle da poluição e atenuação do problema de seca em regiões semiáridas e gerando renda para a região (Hespanhol, 2002).

Problema de Pesquisa

Com a ampliação do sistema de esgotamento sanitário em Teresina que terá nos próximos anos, dever-se-á principio atender a Resolução Conama 357/05 para adequar simultaneamente aos padrões de qualidade dos corpos receptores e aos padrões para o lançamento de efluentes nos corpos d' água (Bastos, 2003).

Os sistemas convencionais de tratamento biológico de esgotos, mesmo tratado, em corpo d' água podem ainda resultar na poluição do Rio Parnaíba e o Rio Poti. Com pesquisas sobre o tratamento e utilização de esgotos sanitários em relação aos nutrientes principais como nitrogênio e fósforo, presente no esgoto bruto e nos efluentes de vários processos de tratamento destaca-se o problema de eutrofização. A eutrofização é o enriquecimento do meio aquático com nutrientes citados acima, causando o crescimento e proliferação de plantas aquáticas como as algas bem como a proliferação de macrófitas, especialmente o aguapé (gigoga, jacinto de água). Os problemas da eutrofização são: Problemas estéticos e recreacionais, condições anaeróbias no corpo d' água, mortandades de peixes, redução da navegabilidade e da capacidade transporte (Bastos, 2006).

A sistematização dos sistemas convencionais de tratamento biológicos de esgoto mesmo projetados visando, principalmente, à remoção de matéria orgânica ainda resulta em efluentes com concentração de nitrogênio e fósforo acima das exigências do Conama. Esse problema é agravado quando a diluição do esgoto no corpo receptor é baixa, enquadrando-se nos Rios Parnaíba e Poti que apresentam um grande problema de assoreamento e baixas vazões, que se prolonga geralmente por oito meses do ano (Florêncio, Bastos, 2006).

Atualmente, nenhuma forma de ordenação política, institucional, legal ou regulatória orienta as atividades de reuso praticadas no território nacional. Embora possa não ser atribuição específica da ANA (Agência Nacional de Águas) promover e regulamentar as atividades de reuso de água no Brasil, mas a sua ação coordenadora no setor permitiria a elaboração e implementação de projetos sustentáveis de reuso associando aos programas e objetivos de gerenciamento integrado nas bacias hidrográficas. Como não existe no Brasil, experiência em reuso planejado e institucionalizado, é necessário implementar projetos pilotos. Essas unidades experimentais devem cobrir todos os aspectos das diversas modalidades de reuso, principalmente os relativos ao setor agrícola, e deverão fornecer

subsídios para o desenvolvimento de padrões e códigos de prática, adaptados às condições e características nacionais. Uma vez concluída a fase experimental, as unidades piloto serão transformadas em sistemas de demonstração, objetivando treinamento, pesquisa e o desenvolvimento do setor. Os projetos existentes são desvinculados de programas de controle de poluição e de usos integrados de recursos hídricos nas bacias hidrográficas onde estão sendo implementados, principalmente na ampliação de sistema de esgotamento sanitário de Teresina, onde não empregam tecnologia adequada para os tipos específicos de reuso implementados e não incluem as salvaguardas necessárias para preservação ambiental e proteção da saúde pública dos grupos de risco envolvidos e não são formulados com base em análises e avaliações econômico-financeiras e não possuem estruturas adequadas de recuperação de custos (Hespanhol, 2002).

Há necessidade, portanto, de que se busquem alternativas de tratamento de esgoto que resultem em maior remoção de nitrogênio e fósforo complementando os sistemas usuais de tratamento. Como beneficiar a ampliação do sistema de esgotamento sanitário em Teresina protegendo os mananciais e simultaneamente gerando renda e qualidade de vida?

Proposições

Beneficiar a ampliação do sistema de esgotamento sanitário em Teresina protegendo os Rios Parnaíba e Poti, usando como alternativas junto às estações tratamento de esgoto, o reuso de efluentes resultantes desse tratamento, para uso na irrigação, gerando um aumento na economia da região e uma proteção do Rio Parnaíba e o Rio Poti.

Objetivos Geral e Específicos

Objetivo Geral

Apresentar medidas alternativas que complementam os sistemas de tratamento convencionais de esgoto para ampliação do sistema de esgotamento sanitário de Teresina, gerando proteção dos mananciais e rentabilidade na região.

Objetivo específico

Apresentar medida mitigadora para problemas recorrentes de poluição dos mananciais (Rio Parnaíba e o Rio Poti).

Sujeitar medidas de rentabilidade e lucros podendo gerar um aumento na economia da região de Teresina.

Apresentar medidas alternativas dos recursos hídricos diminuindo os problemas resultantes da escassez e a competição por água na agricultura.

Justificativa

Teresina apresenta apenas 19% de rede de esgotamento sanitário no qual é coletado para o tratamento existente, o restante gera grande volume de lançamentos de esgotos diretamente no rio, além de outras fontes de poluição como lançamentos de lixos urbanos nos recursos hídricos. Teresina é uma cidade banhada por dois rios que se encontram em situação crítica de escassez como baixíssimas vazões e diluição, grande presença de aguapés dificultando tanto a navegação como tratamento da água, tornando o rio anaeróbico ocasionando mortalidade de peixes (Oliveira, 2012).

Os estudos nesta área de saneamento e agro tecnologias continuam cada vez maior, sendo conduzidos pelo impulso da evidência, da necessidade da construção de conhecimentos, assim como, da conservação dos recursos naturais. Ressalta-se a preocupação recente com a reserva mundial de fósforo, não renovável, que reforça a importância desses estudos, pela comprovação dos

benefícios ecológicos e econômicos advindos da utilização do esgoto na agricultura (Bastos, 2003).

Com informações do programa PROSAB (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico), verificou-se que o tipo de tratamento de esgoto semelhante ao que irar ser implantado em Teresina é viável e eficiente quanto à remoção de organismos patogênicos do esgoto, não provocam grandes remoções de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo. Por isto, são duplamente qualificados para terem os efluentes utilizados em projetos de irrigação e pisciculturas (Francisco, 2009).

Experiências realizadas no Brasil também têm demonstrado que o tratamento de esgoto em lagoas de estabilização, cujo será usado em Teresina e bastante utilizado no Brasil e em especial na região Nordeste, por demandar de vastas áreas pode resultar em efluentes com qualidade que atende às exigências da OMS para irrigação irrestrita e piscicultura (Florencio, 2006).

Com a utilização do esgoto tratado em irrigações nas margens do rio além de ter boa produtividade e economia devido ao deslocamento, diminui ou até elimina a utilização de fertilizantes, pois o esgoto resultante do tratamento é rico de nutrientes que são suficientes para o desenvolvimento de lavouras com alimentos de melhor qualidade nutricionais, protegendo o lençol freático, pois o uso de fertilizantes ocasiona perda de fertilidade do solo, aumento da erosão e com altos gastos (Sperling, 2005).

O mundo enfrenta uma escassez de água em decorrência do desenvolvimento desordenado das cidades, crescimento populacional e industrial, poluição de recursos hídricos, entre outros. No Brasil encontra-se 13,7% de toda água superficial da Terra, sendo desses 70% localizado na região amazônica e apenas 30% distribuído no restante do país. Com todos os fatores citado acima, vai restringindo ainda mais as fontes de água e gerando uma necessidade de utilizar novas técnicas para diminuir o gasto e o consumo. Essa solução pode ser amenizada com o reuso de esgoto tratado para irrigação, pois cerca de 70% de toda a água potável disponível no mundo é utilizada na irrigação e no Brasil é cerca de 72% (ANA, 2014).

Problema de saúde pública é agravante, pois a falta de sistemas de esgotos nas cidades pode provocar doenças que são transmitidas por meio hídrico ou pelo contato direto com o esgoto. Quase 400 mil pessoas foram internadas por diarreia no Brasil que são números expressivos que representam uma grande parcela de um montante gasto em saúde pública no país, mostrando também que cidades que investiram em saneamento básico ao longo dos anos hoje chegam a gastar 40 vezes menos em saúde do que as cidades que nada investiram e convivem com as doenças da água poluída. E que mesmo que a água for utilizada para fins não potáveis, deve-se atingir um padrão mínimo de qualidade e monitorar a quantidade de compostos químicos que estão presentes na água. Iniciativas para recuperar a qualidade das águas dos rios, mares e lagos são essenciais para a saúde das próximas gerações (Fonseca, 2005).

No semiárido do Nordeste brasileiro, onde a precipitação pluviométrica anual varia de 300 a 800 mm de chuvas distribuídas geralmente durante o período de três meses, ocorre evapotranspiração excedente e as plantas sofrem déficit hídrico; desta forma, a irrigação se torna a prática mais segura para garantir a produção agrícola na região, mas para suprir a demanda da água precisa-se não somente administrar racionalmente as bacias hidrográficas locais, mas, também, implantar uma política racional de reutilização de águas, em que uma dessas medidas pode ser a consideração dos esgotos sanitários provenientes dos grandes centros urbanos como valiosa fonte de água, objetivando-se reusá-los para fins de agricultura; e visa tanto o aumento da oferta hídrica como a fertirrigação orgânica, vindo, assim, consubstanciar ações direcionadas para o desenvolvimento sustentável da região (Dias, 1999).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), no Brasil a prática do reuso de esgotos, principalmente para a irrigação de hortaliças e de algumas culturas forrageiras, é, de certa forma, difundida. Entretanto, constitui-se procedimento não institucionalizado e se tem desenvolvido, até agora, sem nenhuma forma de planejamento ou controle. As lagoas de estabilização são os sistemas de tratamento de esgotos sanitários e de efluentes mais

eficientes, em termos de remoção de microrganismos patogênicos, e de matéria orgânica. Dependendo da disponibilidade de área, a disposição, no solo, dos efluentes dessas unidades, é uma opção adequada à realidade de grande parte do território brasileiro (Sperling, 2002).

METODOLOGIA

Procedimentos Metodológicos

Tipos de Pesquisa

Pesquisa descritiva estimula os entrevistados a pensarem livremente sobre algum tema, objeto ou conceito. Mostra aspectos subjetivos e atingem motivações não explícitas, ou mesmo conscientes, de maneira espontânea. É utilizada quando se busca percepções e entendimento sobre a natureza geral de uma questão, abrindo espaço para a interpretação, sendo também indutivo, o pesquisador desenvolve conceitos, ideias e entendimentos a partir de padrões encontrados nos dados, ao invés de coletar dados para comprovar teorias, hipóteses e modelos pré-concebidos (Lakatos, 2007). Ao analisar a ampliação o sistema de esgotamento sanitário em Teresina protegendo o meio ambiente principalmente os mananciais e simultaneamente gerando renda e qualidade de vida observa-se a capacidade de desenvolver entendimentos de como funciona o reuso de esgotos e pesquisas realizadas na área com publicações de artigos científicos compreendendo todo o processo para adequar na região possibilitando a sua implantação.

A natureza aplicada busca gerar conhecimento sobre um assunto específico e definido anteriormente. Nos setores produtivos a pesquisa aplicada utiliza os conhecimentos decorrentes da pesquisa básica para gerar desenvolvimento científico com fins comerciais em geral (Boaventura, 2004). Esta pesquisa é considerada aplicada por visar o desenvolvimento de conhecimento específico sobre um assunto definido, como sistema de reuso de esgoto aplicado através de estudos e artigos científicos, associado ao desenvolvimento de setores econômicos mediante aplicação direta dos resultados obtidos, como a aplicação do reuso de esgoto para irrigação em Teresina.

Pesquisa explicativa identifica os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos. É o tipo que mais

aprofunda o conhecimento da realidade, porque explica a razão, o porquê das coisas. Por isso, é o tipo mais complexo e delicado (Barros, 2000). A ampliação do sistema de esgotamento sanitário em Teresina busca conhecer o motivo que mesmo ampliando o sistema de esgoto continua prejudicando o meio ambiente, no caso os rios Parnaíba e Poti, e por qual razão do uso do reuso de esgoto poderá ser aplicado na região.

A pesquisa documental é realizada em fontes como tabelas estatísticas, cartas, pareceres, fotografias, atas, relatórios, obras originais de qualquer natureza, notas, diários, projetos de lei, ofícios, discursos, mapas, testamento, inventários, informativos, depoimentos orais e escritos, certidões, correspondência pessoal ou comercial, documentos informativos arquivados em repartições públicas, associações, igrejas, hospitais, sindicatos. A análise documental constitui uma técnica importante na pesquisa qualitativa, seja complementando informações obtidas por outras técnicas, seja desvelando aspectos novos de um tema ou problema. Sendo uma técnica decisiva para a pesquisa em ciências sociais e humanas, a Análise Documental é indispensável porque a maior parte das fontes escritas – ou não – é quase sempre a base do trabalho de investigação; é aquela realizada a partir de documentos, contemporânea ou retrospectiva, considerada cientificamente autêntica (Lakatos, 2007). Nessa pesquisa quanto ao procedimento como é pesquisa documental realizada a partir de artigos científicos com analises de experimentos de reuso utilizados, diagnósticos do laboratório de análise da situação dos mananciais de Teresina, projetos básicos e executivos dos microssistemas de Teresina em analise na Caixa Econômica Federal, programa de pesquisa PROSAB e fontes institucionais como FUNASA, ANA, IBGE, SEMAM, FGV, Ministério das Cidades, FAO, ONU, INSA, bem como pesquisas bibliográficas de Autores de referencia como: Bastos, Florêncio, Von Sperling, Jordão e Pessoa.

Tipos de Estudo

O estudo *cross section* é feito a partir de dados coletados por um longo período de tempo com amostras diferentes. Nesta pesquisa os dados são coletados a partir de experiências, pesquisas, artigos científicos de reuso de esgoto para produtos diferentes de diversas regiões de Brasil, mas como semelhanças quanto ao clima e relevo da cidade de Teresina.

Riscos e Benefícios

O SES pode ocasionar riscos de poluição do solo e do lençol freático. O principal aspecto negativo decorrente da implantação e operação de um sistema de esgotamento sanitário consiste no fato da rede coletora concentrar a incidência da carga poluidora num único ponto. Desta forma, caso não seja adotado um tratamento dos efluentes sanitários, poderá vir a ocorrer deterioração do corpo receptor, comprometendo seus usos preponderantes.

No caso específico do projeto ora em pauta, a ETE PI 130, tendo em vista que a escolha do tipo de tratamento dos efluentes sanitários se pautou no enquadramento do curso d'água receptor, de acordo com o que reza a Resolução CONAMA 357, não são esperadas interferências nos usos preponderantes do referido recurso hídrico. Isto, desde que sejam efetuadas manutenções periódicas da infraestrutura implantada, evitando a ocorrência de obstruções e vazamentos e a perda de eficiência do sistema, garantindo assim não só a qualidade do meio ambiente, como a própria integridade do empreendimento. No entanto, o uso em irrigação de águas residuais, mesmo tratadas, podem ocasionar impactos negativos no meio ambiente, inclusive problemas sanitários. Desta forma, recomenda-se que sejam adotadas medidas de controle rigorosas, caso se opte por utilizar estes efluentes em irrigação. Além disso, devido a possíveis problemas operacionais é recomendável que esgotos tratados não sejam utilizados em culturas produtoras de alimentos ingeridos crus, como hortaliças e frutos que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridos sem remoção da película.

Podem ocorrer também danos à flora e a fauna, as áreas a serem ocupadas pelas obras de engenharia são alvo de operações de desmatamentos ou de limpeza do terreno (roça), resultando em danos ao patrimônio da flora e da fauna da região. A degradação de áreas para exploração de materiais de empréstimos, a exploração de jazidas de empréstimos provoca alterações da paisagem natural decorrentes da erradicação da cobertura vegetal, da retirada da camada de solo fértil e da formação de crateras, expondo as áreas exploradas à ação de agentes erosivos, com riscos de instabilidade dos taludes laterais das cavas de jazidas de material terroso. Resulta, consequentemente, no carreamento de sedimentos para os cursos d'água periféricos produzindo turbidez e assoreamento, além de redução da infiltração das águas pluviais diminuindo a recarga dos aquíferos. Há ainda a geração de poeira e ruídos decorrentes das operações de desmatamento, dos movimentos de terra e do intenso tráfego de máquinas e veículos pesados. Os sistemas de tratamento de esgotos centrados no uso de lagoas de estabilização requerem a exploração de jazidas de material terroso para a execução dos taludes e dos selos das lagoas.

Sabe-se que projetos dessa natureza geram um conjunto de benefícios indiretos e intangíveis que, especialmente em saneamento básico, a tarefa de quantificá-los é extremamente difícil e demorada. O benefício econômico a redução de gastos com a saúde pública em função do melhor atendimento da população aos serviços de abastecimento d'água e coleta de esgotos. A economia de recursos hídricos, o aumento da qualidade dos alimentos recorrentes da irrigação com esgoto tratado, por dispensar o uso de fertilizantes protegendo os lençóis freáticos, aumento da economia com irrigação e piscicultura, principalmente a proteção rio Parnaíba contra a eutrofização.

Procedimentos de Análise de Dados

As análises iniciam-se com os diagnósticos da situação dos rios Parnaíba e Poti e diagnósticos sobre o clima semiárido que engloba

a região. Do alto é possível ter uma noção exata da dimensão do problema, quando passa principalmente pela área urbana de Teresina.

Figura 1 – Imagem do rio Poti próximo à Ponte Estaiada.

Fonte: Meio Norte, 2014.

O rio Poti recebe esgotos sem tratamento e muitas galerias, que aos poucos destrói a vida do rio, em determinados pontos, há muita espuma branca, e pouca vida no manancial.

Figura 2 – Imagem de espumas do esgoto bruto lançado diretamente no rio Poti.

Fonte: Globo, 2014.

A análise foi solicitada pela ONG Olho Aberto, um laboratório do Mato Grosso do Sul, para comprovar o alto índice de contaminação das águas do Rio Parnaíba e Poty, a coleta foi feita do mês de setembro em três pontos diferentes, na região central de Teresina, zona norte e zona leste da cidade. Uma das principais constatações da análise é que o lixo doméstico ainda é a principal fonte de contaminação dos dois rios, mais uma análise coletada em um poço profundo na região do lixão de Teresina, trouxe uma constatação preocupante, que o lençol freático de Teresina, já estaria contaminado com metais pesados (níquel, cobre e fósforo). Um rio que morre aos poucos, água fonte de vida sem oxigênio, proliferação de plantas aquáticas (aguapés, Canarana) transformando em pastos, poluição pelos esgotos e galerias não tratados e causando o assoreamento.

Figura 3 – Formação de coroas reduzindo a vazão do rio Parnaíba.

Fonte: Globo, 2015.

Em 2004 foi criado o INSA com o objetivo de mostrar a vantagem de viver na região, onde se peca muito ao longo da nossa história e não reconhecemos essa grande potencialidade do semiárido diante da grande biodiversidade incrível na região, onde deve aproveitar do ponto de vista econômico onde possa gerar riqueza na região. O plano diretor do instituto, um documento elaborado ao longo de sete meses, com um planejamento estratégico, iniciado em maio de 2007, que

contou com a participação de diversas instituições de ensino superior, centro de pesquisa e sistemas estaduais de ciência e tecnologia, missão de viabilizar soluções para os problemas existentes na região, uma postura que assume a semiaridez com vantagem. Desafios, elaboração de pesquisas e difusão de tecnologia, articulação e elaboração da politica de ciência e tecnologia para a região semiárido incluindo a região semiúmido de Teresina, fazendo com que o INSA possa induzir demandas e sugerir editais para enfocar esses grandes problemas na região.

Na análise da amostra escolhida, o Macrosistema Sudoeste (Saci / PI 130), que tem como destino final a ETE PI 130, observou-se que a construção de uma nova estação de tratamento de esgoto situada fora do limite urbano de Teresina, o terreno tem uma área de proximamente 40 hectares, a cerca de 5 km para Sul do bairro Angelim do Subdistrito Sul,. O projeto está atualmente em análise na Caixa Econômica, ele foi realizado pela AGESPISA e abrange a estação de tratamento e respetivo sistema interceptor (que inclui as EEE de Cristo Rei, Saci/ Maranhão e Areias).

Nos documentos referentes aos projetos básicos e executivos dos SES de Teresina a análise baseia-se nos estudos de concepção para a escolha do sistema de tratamento de esgotos. Verificou-se pela avaliação técnica que a cidade de Teresina apresenta algumas características particulares que ajudarão na definição da alternativa mais viável para a solução de tratamento a implantar. A sua condição climática é muito favorável à utilização de sistemas de tratamento com base em lagoas de estabilização, mas, por ser a capital do estado e em crescente expansão, a disponibilidade de grandes áreas simultaneamente próximas das zonas urbanas a servir pelo sistema e dos corpos receptores é escassa e dificulta muito a adoção desta alternativa de tratamento. De entre os grupos das soluções compactas a complexidade da operação e os custos de exploração são os principais obstáculos à escolha da melhor solução técnica a adotar. Resumem-se nos itens seguintes as principais conclusões retiradas das avaliações técnicas das várias alternativas.

Foram detalhadas quatro alternativas para a solução de projeto de esgotamento sanitário do macrosistema Sul da cidade de Teresina. Tomou-se como premissa que a solução de coleta e transporte de efluentes apresentará o mesmo plano de escoamento e definição de bacias nas quatro alternativas e foi apresentada para cada alternativa desenvolvida uma solução de tratamento. Assim, para efeito comparativo, o estudo se resumiu à avaliação das opções possíveis para o tratamento dos esgotos. Alternativa 01 consiste na implantação de uma ETE com tratamento biológico através de reatores anaeróbios (UASB) e pós tratamento em lagoas de polimento com chicanas. Alternativa 02 consiste na implantação de uma ETE com tratamento biológico, através de reatores UASB, seguidos de filtros submersos aerados (FSA) e decantadores lamelares de alta taxa, com posterior desinfecção do efluente com ozônio. Alternativa 03 consiste na implantação de uma ETE com tratamento biológico em lagoas de estabilização (lagoas anaeróbias + lagoas facultativas), seguido de tratamento terciário em lagoas de maturação. Alternativa 04 consiste na implantação de uma ETE com tratamento biológico, através de reatores de lodos ativados operados em aeração prolongada, seguidos de decantação secundária com posterior desinfecção com UV.

Figura 4 – Lagoas de estabilização da zona leste de Teresina.

Fonte: Cidade Verde, 2015.

Conforme o estudo de concepção dos projetos executivos avaliados pela CEF (Caixa Econômica federal) a escolha a ser implantada será a alternativa 03, tratamento com lagoas de estabilização é o tipo de tratamento utilizado em todas as ETEs existentes em Teresina e será utilizado nas ETEs a construir, devido à simplicidade operacional, as condições climáticas favoráveis e menor custo de implantação e de exploração.

As analises de experiências de reuso de esgoto tratado, será com o mesmo tipo de tratamento utilizado em Teresina, as lagoas de estabilização, mas que todos sejam oriundos de áreas semelhantes do clima de Teresina, em zonas semiáridas, com intuito de mostrar a possibilidade de implantação.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Resultados e discussões buscam análises de experiências com o reuso dos esgotos tratado em áreas semelhantes ao clima de Teresina, abrangendo todos os objetivos abordados e a problematização da pesquisa.

Figura 5 – Irrigação do projeto Palma de Santana.

Fonte: INSA, 2015.

A primeira experiência é um projeto ainda em fase experimental que pode ser a saída para o agricultor do semiárido, poder irrigar a produção com água do esgoto doméstico tratado, que é o tipo de esgotos, mais utilizado em Teresina vistos em diagnósticos nas analises e isso se tem mostrado mais eficientes e econômicos em um sitio de Campina Grande na Paraíba. No INSA utiliza para irrigar um plantio de sistema de água florestal (palmas, forrageiro, pés de sabiá). Devido aos nutrientes presentes na água residuária, o desenvolvimento nas plantas é bem mais rápido. Uma das características desses solos é ter baixa fertilidade, então quando estiver utilizando uma água de reuso que contem (nitrogênio, fosforo e potássio) são elementos essências para o desenvolvimento das plantas. Por isso quando se compara no quesito produção aplicando a mesma quantidade de água residuária e a água convencional. A produção com água residuária são maiores devidos aporte de nutrientes aos solos inférteis do

semiárido. Apesar de um bom desempenho o projeto não pode ser utilizado para produção de hortaliças. Há restrições, por exemplo, as comidas consumidas diretamente como alface, cebolinha, apesar do Brasil não ter uma legislação própria sobre o reuso, mas OMS (Órgão Mundial da Saúde) já sinaliza não utilização dessa água para fins de produção de hortaliças, mas podem produzir frutíferas, madeiras, fibras.

As vantagens é que não polui os mananciais, segundo a ciclagem de nutrientes e quando se utiliza o reuso de esgoto tratado para fins de produção, estarem fazendo um terceiro tratamento dessa água, as plantas absorvem essa água e jogam água na atmosfera. Traz uma melhor convivência com a seca já que a água de esgotos permite produzir o ano inteiro, sem falar que a produção pode servir como renda extra. Hoje no mercado dessa palma que nós utilizamos custa R$ 0,30 a raquete, por ano o agricultor poderia em um 1 hectare conseguir uma renda de R$ 36.000,00 que daria em média R$ 3.000,00 por mês. Funciona com um tratamento primário, retira o material grosseiro como cabelo, areia, posteriormente vai para um leito fluizado onde tem a passagem da água dentro de uma brita e essa brita ao entorno dela cresce bactérias e faz o tratamento dessa água.

Figura 6 – Irrigação de esgoto tratado na Praça de Caucaia.

Fonte: CAGECE, 2013.

A segunda experiência é uma estação tratamento feitas há 18 anos na cidade de Caucaia no Ceará, a estação de tratamento de reuso foi construída para evitar que o esgoto do bairro em Caucaia

fosse lançado diretamente na lagoa do Tabapuá. No local existem cinco tanques para limpeza da água, é um sistema rotativo, resultado numa água rica em nitrogênio e fósforo. Nenhum produto químico é acrescentado, as duas primeiras lagoas de estabilização o material orgânico é retirado e em outras três a maturação remove os vírus e bactérias, leva ação ultravioleta solar que penetram no organismo, provocando a morte do mesmo.

A Estação de tratamento trabalha 24 horas por dia, custam 5000 por mês de manutenção, tem a capacidade de 330 mil litros de esgoto por dia, para o tratamento permanece por duas semanas. Seu destino é para irrigação de praças e canteiros na cidade de Caucaia gerando economia da água e proteção dos mananciais.

Figura 7 – Irrigação de feijão-caupi.

Fonte: PROSAB, 2013.

A terceira experiência trata de crescimento do feijão-caupi irrigado com água residuária de esgoto doméstico tratado. O funcionamento da experiência foi realizado com seis tratamentos e quatro repetições: T1 – água de abastecimento; T2, T3, T4 mistura de água de esgoto doméstico tratado e abastecimento (25-75%; 50-50% e 75-25%, respectivamente), T5 – apenas água de esgoto tratado e T6 – água de abastecimento + fertilizantes minerais, e quatro repetições. Observou-se o aumento da proporção do efluente doméstico e o de abastecimento para a fertigação das plantas de feijão-caupi melhorou a produção de matéria seca da raiz, caule e folha, gerando o crescimento proporcional das plantas. Na ausência de adubação mineral, os solos irrigados com água residuária de

esgoto tratado conseguem suprir as necessidades nutricionais do feijão-caupi, comprovando a economia de gastos com fertilizantes, e protegendo o lençol freático evidenciando a viabilidade técnica do potencial agrícola de utilização dessas águas.

Figura 3 – Irrigação de melancias.

Fonte: Agriambi, 2015.

A quarta experiência foi o uso de esgoto doméstico tratado na irrigação de melancia. Com este trabalho, objetivou-se acompanhar o desenvolvimento da cultura da melancia, irrigada com esgoto doméstico tratado, comparando-se com um controle irrigado com água de poço. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições e quatro tratamentos: T1: água do poço mais adubação recomendada; T2: efluente mais adubação recomendada; T3: efluente e T4: efluente mais a metade da adubação recomendada. Na irrigação por sulco, a maior produtividade da melancia ocorreu no tratamento T4, enquanto nas demais variáveis não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos. Para a melancia irrigada por gotejamento, não se constatou diferença significativa entre os tratamentos de todas as variáveis analisadas. Os resultados semelhantes, obtidos pela irrigação com efluente e a água do poço. Apesar do resultado não ter um significativo aumento da produtividade, demonstrou que é tecnicamente viável o reuso do esgoto tratado dessa cultura, concluindo que, existindo um controle adequado, é possível irrigar frutas de ramas rastejantes com o uso de efluentes.

Figura 3 – Irrigação de pimenta malagueta.

Fonte: UFERSA, 2012.

A quinta experiência é plantação de malagueta e pimenta tequila irrigadas com efluentes doméstico tratado. A busca de métodos mais eficientes de irrigação e fontes alternativas de recursos hídricos, como a utilização de águas residuárias tratada de origem doméstica na agricultura é uma tendência mundial. O experimento foi realizado em casa de vegetação localizado na Universidade Federal Rural do Semi-Árido/UFERSA. Foram utilizadas cinco proporções de água residuária (AR) e água de abastecimento (AA): T1 - 100% de AR e 0% de AA; T2 - 75% de AR e 25% de AA; T3 - 50% de AR e 50% de AA; T4 - 25% de AR e 75% de AA; e T5 – 0% de AR e 100% de AA. O funcionamento da experiência foi utilizado com cinco tratamentos e quatro repetições cada, totalizando 20 (vinte) parcelas. O objetivo do trabalho foi estudar a produção de mudas de pimenta malagueta e pimenta tequila irrigado com efluente doméstico tratado. Observaram-se efeitos bastante significativos com uso do efluente doméstico tratado para todas as variáveis estudadas. A produção de matéria fresca e matéria seca de folha (g), caule (g) e raiz (g) da pimenta malagueta e pimenta tequila apresentaram valores bastante positivos, sendo todos superiores em mais de 90% aos resultados com água de abastecimento. Conclui-se que as produções de mudas foram satisfatórias, sendo as mudas bastante vigorosas e sadias, demonstrando o efeito nutricional do efluente doméstico tratado no devido estudo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseado nas analises feitas pode-se determinar que, a ETE PI130 é um local que possui um terreno com área suficiente para permitir a construção de um sistema de tratamento junto com áreas para irrigação utilizando o reuso desse esgoto tratado, por localizar fora do limite urbano, enquanto os outros Macrosistemas podem servir como uma pequena complementação desse tratamento com reuso em irrigação, devido serem localizados mais próximos de áreas urbanas e não terem terrenos suficientes. O sistema usado será lagoas de estabilização, que é o sistema mais adequado para a utilização do reuso de esgoto para irrigação por ter seus efluentes ricos em nutrientes como nitrogênio e fosforo essenciais para desenvolvimento da vegetação.

O reuso de efluentes do esgoto tratado resultantes das lagoas de estabilização que são ricos em nutrientes para irrigação, evita o despejo desses efluentes nos mananciais, evitando a eutrofização e consequentemente protegendo os rios. Sujeitar medidas de rentabilidade e lucros podendo gerar um aumento na economia da região de Teresina. Com a venda da produção de melancia, jeijao-caupi, malagueta, pimenta tequila, palmas, forrageiro, pés de sabiá, produtos oriundos da irrigação de efluentes do esgoto tratado. Apresentar medidas alternativas dos recursos hídricos diminuindo os problemas resultantes da escassez e a competição por água. Ao utilizar o efluente do esgoto tratado para irrigação economiza a competição pela água, pois amenizada com o reuso de esgoto tratado para irrigação, pois cerca de 70% de toda a água potável disponível no mundo é utilizada na irrigação e no Brasil é cerca de 72%.

Implantação de medidas alternativas que complementam os sistemas de tratamento convencionais de esgoto para ampliação do sistema de esgotamento sanitário de Teresina, gerando proteção dos mananciais e rentabilidade na região. Portanto ao realizar as ligações dos resultados das análises de experiências do reuso de esgoto tratado em regiões de clima semelhantes a Teresina, com as analises

de diagnósticos do clima e da situação dos mananciais da cidade, junto com análise de como funciona o tipo de tratamento de esgoto (lagoas de estabilização) contidos nos projetos básicos e executivos que serão implantados da ampliação do sistema de esgotamento sanitário de Teresina, constatados nos estudos de concepção como a melhor solução e a escolha do macrosistema sudoeste (Saci / PI 130), que tem como destino final a ETE PI 130, por se localizar fora do limite urbano de Teresina e ter uma vasta área de implantação. Pode-se determinar que a implantação do reuso de esgoto tratado para irrigação na ampliação do SES de Teresina é facilmente possível e benéfico para a Teresina.

Nas experiências verifica-se que o produtor irrigando e adubando ao mesmo tempo, existem benefícios tanto para o agricultor quanto para o ambiente, principalmente a proteção dos mananciais da região que utiliza esses reusos. A pesquisa ainda abriu portas para que o uso de águas residuárias seja regulamentado no país. Hoje não existe nenhuma definição sobre como deve ser o uso do esgoto tratado em plantações, há apenas uma indicação da OMS (Organização mundial de Saúde) de onde ele deve ser aplicado.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNARH), 2014.** Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/. Acesso em: 13 nov. 2015.

ALEM SOBRINHO, P; ROLO, M.C; CHAGAS, F.A. **Alterações operacionais em filtros biológicos aerados submersos de alta taxa para se obter nitrificação.** In: 24ª CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL – ABES Belo Horizonte, 2007.

AQUINO, M.D. *et al.* **Reuso em piscicultura. In: MOTA, S. AQUINO, M.D.; SANTOS, A.B. (Org.).** Reuso de aguas em irrigação e piscicultura. Fortaleza: UFC/ Centro de Tecnologia, 2007.

BARROS, A.J.P. de; LEHFELD, N. **Projeto de pesquisa: propostas metodológicas. 4 ed: Petropolis.** RJ: Vozes, 2000.

BASTOS, R.K.X. **Utilização de esgoto tratado em fertirrigação, hidroponia e piscicultura.** São Carlos: Prosab Rima, 2003.

BOAVENTURA, E.M, **Metodologia da Pesquisa: monografia, dissertação e tese.** São Paulo: Atlas, 2004.

CARDOSO, F *et al.* **Avaliação da eficiência em termos de remoção de DBO e DQO de duas estações de tratamento de esgoto em escala real, envolvendo reatores anaeróbios e pós-tratamento em lagoa facultativa.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Joinville, Setembro, 2003.

COSTA, F. X.;LIMA, V. L. A.; BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, C. A. V.; SOARES, F. A. L.; ALVA, I. D. M. **Efeitos residuais da aplicação de biossólidos e da irrigação com água residuária no crescimento do milho.** Revista Brasileira de

Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 13, n. 6, p. 687–693, 2009.

DIAS, W. *et al.* **Projeto Lei Nº 1.114/99.** Programa Permanente de Convivência com o Semiárido, Brasília, 1999.

DUARTE, A. S. **Reuso de água residuária tratada na irrigação da cultura do pimentão.** Piracicaba: ESALQ/USP, 2007. 187p.

EMANUEL, B. **"Boletim da Caixa Econômica Federal"** – Relatório 2015 – Situação Econômica de Esgoto; Crédito, 2015.

FELLIZATTO, M.R. **Reuso de água em piscicultura no Distrito Federal: potencial para pós-tratamento de águas residuárias associado à produção de pescado.** Dissertação (Mestrado de engenharia de pesca) – UNB. Brasília: 2000.

FGV PROJETOS. **Análise de Conformidade do Estudo de Modelagem para a universalização dos Serviços de Água e Esgoto no Município de Teresina e Assessoria ao Processo de Implementação do Modelo Selecionado.** 2013. Disponível em. Acesso em: 10 ago. 2013.

FILHO, H.A.S. **Aplicação da respirometria para caracterizar a cinética da nitrificação em sistemas de lodo ativado.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFCG Campina Grande - PB, 2009.

FLORENCIO, L; BASTOS, R.K.X.; AISSE, M.M. **Tratamento e utilização de esgotos sanitários.** Rio de Janeiro: ABES 2006.

FONSECA, A.F. **Viabilidade agronômico-ambiental da disposição de efluentes de esgoto tratado.** 2005. 174 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/ USP, Piracicaba, 2005.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de Saneamento.** 4ª ed. Brasília: FUNASA, 2014.

HESPANHOL, I. **Esgotos como Recurso Hídrico: Dimensões Políticas, Institucionais, Legais, Econômicas financeiras e Socioculturais**. Engenharia, Instituto de Engenharia de São Paulo, nº. 523, ano 55, São Paulo, 1997.

HESPANHOL, I. **Potencial de Reuso de Água no Brasil Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Atlas de Saneamento 3.** ed. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br2011. Rio de Janeiro. 2011. Acesso em: 04 nov. 2015.

JORDÃO, E. P; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos.** 3ª Ed. Rio de Janeiro: ABES 2005.

LEAL, R.M.P. **Efeito da irrigação com efluente de esgoto tratado em propriedades químicas de um latossolo cultivado com cana-de açúcar.** 2007. 109 p. Dissertação (Mestrado na área de Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

LAKATOS, E.M.; MARCONI, M. de A. **Fundamento de metodologia cientifica.** 6. Ed.5. São Paulo: Atlas, 2007.

LIMA, P.H.G. **A ocorrência de Policentralidade em Teresina - PI: a formação de um subcentro na região Sudeste.** 2011. 122 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. São Paulo, 2011.

MINISTERIO DAS CIDADES. **Política Nacional de Desenvolvimento Urbano** – Cadernos M Cidades nº 1 – Ministério das Cidades, Brasília, 2011.

MOTA, S. AQUINO, M.D. SANTOS, A.B. (org.). **Reuso de águas em irrigação e piscicultura.** Fortaleza: UFC / Centro de Tecnologia, 2007.

MOTTA B. R. **Estado, Empresariado e Política Industrial no Brasil: Uma análise da atuação da Associação Brasileira para o Desenvolvimento da Indústria de Base** (ABDIB), 2015.

OLIVEIRA, F.M. **Água para todos: um desafio para o desenvolvimento sustentável.** Teresina. 2006. 99p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – UFPI, 2006.

OLIVEIRA. N.L. **Estudo da qualidade da água do rio Poti em Teresina e suas implicações na população local, 2012.** Dissertação (mestrado em geografia). UFPI, Teresina, 2012.

PAGANINI, W.S. **Reuso de água na agricultura.** In: Mancuso, P.C.S.; Santos, H.F. (Eds.). Reuso de água. Barueri: Manole, 2003. Cap.10, p.339-401.

PROGRAMA DE ACELERAÇÃO DO CRESCIMENTO (PAC). **Ministério da Fazenda.** <http:// www.fazenda.gov.br.Acesso em: 15 nov. 2015.

PMT/SEMAM – PREFEITURA MUNICIPAL DE TERESINA/ SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE, 2015. **Conferência Municipal de ambiente de Teresina.** Teresina: SEMAM/Prefeitura de Teresina.

REBOUÇAS, A.C. **Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez.** BAHIA ANÁLISE & DADOS Salvador, v. 13, n. ESPECIAL, p. 341-345, 2003.

SANTOS, E.S. *et al***. Avaliação da sustentabilidade ambiental do uso de esgoto doméstico tratado na piscicultura,** v. 16, n. 1, p. 45-54, 2011.

VASCONCELOS, A.K *et al.* **Diagnóstico do Reuso no Nordeste Brasileiro**. In III Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica, Fortaleza, 2008.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** In: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto. 3ª ed. Minas Gerais: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, v.1, 2005.

Sobre o Autor

Diego Angeles Carvalho Macêdo

Graduado em Licenciatura Plena em Física pela Universidade Estadual do Piauí – UESPI. Graduado em Engenharia Civil pela Faculdade Santo Agostinho. Pós-graduado em Engenharia de Segurança do Trabalho e em Saneamento pela FAVENI.

Índice Remissivo

A

agricultor 27, 28, 33
agricultura 10, 14, 15, 16, 31, 37
água 11, 12, 14, 15, 16, 20, 21, 23, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 35, 37
águas residuais 20
ambiental 10, 13, 35, 37
análise 19, 23, 24, 33, 37
assoreamento 10, 12, 21, 23

B

beira do rio 10
biodiversidade 23

C

conservação 14

D

desenvolvimento 11, 13, 15, 16, 18, 27, 30, 32, 37
diagnósticos 19, 21, 27, 33
distribuição 9
doenças 9, 16

E

economia 13, 14, 15, 21, 29, 30, 32
econômico 13, 21, 23
econômicos 15, 18, 27
escassez 14, 15, 32, 37
esgotamento 9, 11, 13, 14, 18, 19, 20, 25, 32, 33
esgoto 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38
esgotos 9, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 35, 36
estratégico 23
estudo 20, 25, 26, 31
eutrofização 12, 21, 32

H

hídrica 16

I

implantação 18, 20, 25, 26, 33
industrial 11, 15
investimentos 9, 10
irrigação 13, 15, 16, 18, 20, 21, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36

M

mananciais 10, 13, 14, 18, 19, 28, 29, 32, 33
matas ciliares 10
meio ambiente 9, 18, 19, 20
municípios 9

N

naturais 9, 14

O

orçamentária 9

P

planejamento 16, 23
pluviométrica 16
política 11, 12, 16
poluição 11, 12, 13, 14, 15, 20, 23
processamento 11
proteção 10, 13, 14, 21, 29, 32, 33

Q

queimadas 10

R

reciclagem 11
recursos hídricos 9, 10, 11, 13, 14, 15, 21, 31, 32
riqueza 23

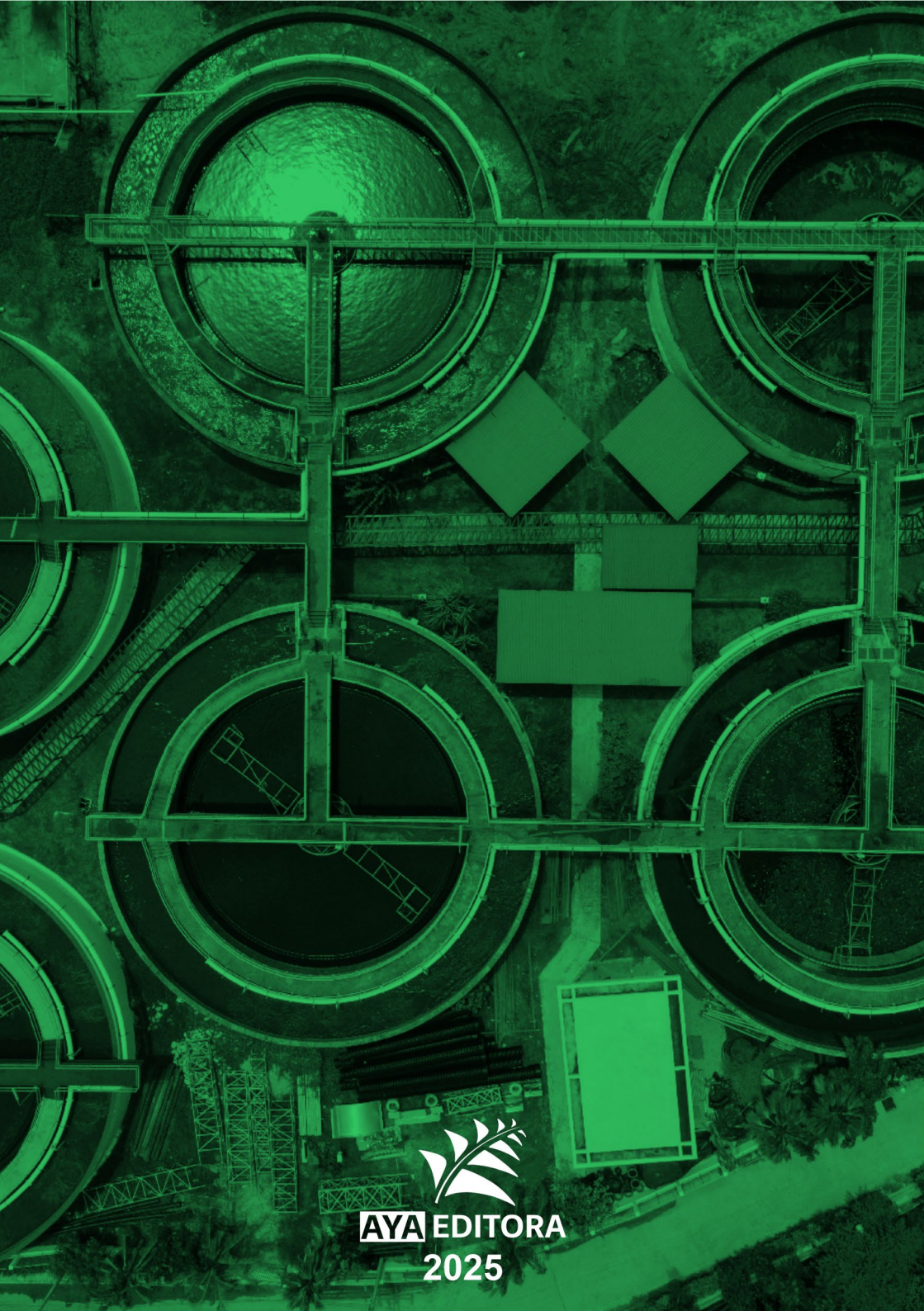
S

saneamento 9, 10, 11, 14, 16, 21

saneamento básico 9, 10, 16, 21
sanitário 9, 11, 13, 14, 18, 19, 20, 25, 32, 33
sanitários 10, 12, 16, 20, 35
saúde 9, 13, 16, 21
saúde pública 9, 13, 16, 21
semiárido 16, 21, 23, 24, 27, 28
sistema 6, 9, 10, 11, 13, 14, 18, 19, 20, 24, 27, 29, 32, 33
solo 10, 15, 17, 20, 21
sustentabilidade 37

T

tecnologias 11, 14
tratamento 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 38



AYA EDITORA
2025