

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
ENGENHARIA AMBIENTAL

Júlia de Mendonça Rodrigues

Desenvolvimento de parâmetros para verificação da sustentabilidade
na operação de sistemas de abastecimento de água no contexto
brasileiro

São Carlos
2020

Júlia de Mendonça Rodrigues

Desenvolvimento de parâmetros para verificação da sustentabilidade
na operação de sistemas de abastecimento de água no contexto
brasileiro

Monografia apresentada ao curso
de graduação em Engenharia
Ambiental da Escola de
Engenharia de São Carlos da
Universidade de São Paulo.

Orientadora: Profa. Dra. Lyda Patricia Sabogal Paz

São Carlos

2020

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTA TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da
EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

R696d	Rodrigues, Júlia de Mendonça Desenvolvimento de parâmetros para verificação da sustentabilidade na operação de sistemas de abastecimento de água no contexto brasileiro / Júlia de Mendonça Rodrigues; orientadora Lyda Patrícia Sabogal Paz. São Carlos, 2020. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2020. 1. Tratamento de água. 2. Práticas sustentáveis. 3. Impactos ambientais. I. Título.
-------	--

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato(a): **Julia de Mendonça Rodrigues**

Data da Defesa: 18/11/2020

Comissão Julgadora:

Lyda Patricia Sabogal Paz (Orientador(a))

Marcelo Montañó

Paulo Marcos Faria Maciel

Resultado:

Aprovada

Aprovada

Aprovada

Prof. Dr. Marcelo Zaiat

Coordenador da Disciplina 1800091- Trabalho de Graduação

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais, pois sem eles nada disso seria possível, obrigada por todo sacrifício, educação e investimentos realizados em todos esses 25 anos para eu pudesse, neste momento, realizar meu sonho. Não só, mas também por todos os momentos de acolhimento e amor que vocês sempre me proporcionam, o apoio e alicerce da minha vida são vocês. Este pequeno passarinho está voando para fazer a diferença que acredita no mundo, e nunca esquecerá suas raízes e o caminho de volta para a casa, amo vocês mais do que tudo.

Aos meus irmãos Gabriela e Guilherme por terem me mostrado o caminho, sempre me motivar a grandes conquistas e serem minha melhor ponte com o passado e futuro, vocês estarão sempre comigo, não importa o que aconteça.

Aos meus amigos de graduação, aqueles que sempre estiveram comigo, acreditando e incentivando nossos sonhos, crescendo e amadurecendo com muito respeito, apoio e cumplicidade, em especial Carol e Luisa por serem meu maior apoio e por nunca terem soltado a minha mão nessa caminhada da vida.

Ao meu grande amor, Giovana, por todo companheirismo e cumplicidade, desde sempre me acolhendo, me confortando e me ajudando a construir o universo que sempre desejamos. Obrigada por todas as opiniões, ensinamentos, experiências, lições de vida, por ser minha inspiração de profissional, por ter me guiado nesta jornada, sempre estar e ser o que eu preciso nos momentos mais difíceis. Você me faz ser o melhor de mim e eu só tenho a agradecer por ter encontrado alguém tão especial e poder viver todos os meus dias ao seu lado, eu te amo.

À Professora Dra. Lyda Sabogal por ter me apresentado e ensinado tanto sobre o tratamento de água, e com sua competência e capacidade fez eu me apaixonar por essa área, por ter acreditado em mim, construído esse trabalho em conjunto e me inspirar tanto a ser uma excelente profissional. Sua luta e seus valores foram aprendizados que levarei comigo para a vida toda.

Resumo

RODRIGUES, J. M. Desenvolvimento de parâmetros para verificação da sustentabilidade na operação de sistemas de abastecimento de água no contexto brasileiro. 2020. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2020.

Existem diferentes tecnologias de tratamento de água para abastecimento público no Brasil, dentre as diferentes tecnologias, encontra-se um único objetivo: transformar a água bruta em água tratada de qualidade, de modo a garantir a saúde da população. Com isso, o processo de retirada das impurezas e agentes patológicos envolve a extração de matéria prima, geração de resíduos, dentre outros aspectos ambientais importantes e seus decorrentes impactos ambientais. O presente trabalho buscou identificar os aspectos e impactos ambientais envolvidos neste processo com o objetivo de selecionar as ações que promovem a sustentabilidade na operação dos sistemas de abastecimento de água e propor uma ferramenta de verificação de sustentabilidade. Assim, através de uma Revisão Bibliográfica Sistemática e uma Revisão de Escopo, foi possível identificar as práticas sustentáveis, relacionadas aos principais processos técnicos e funções organizacionais, capazes de reduzir os impactos ambientais negativos na operação do sistema, desde a captação até a distribuição. Dessa forma, foi possível elencar 61 práticas sustentáveis extraídas da literatura e mais seis práticas propostas, compondo um sistema de avaliação e classificação denominado SAA+Limpo. Em forma de planilha de Excel, o programa permite que o usuário faça uma verificação do sistema, retornando o nível de sustentabilidade do mesmo, classificado de acordo com a aplicabilidade das práticas. Tendo em vista que, no melhor do nosso conhecimento, não há na literatura uma certificação de melhoria da qualidade ambiental dos sistemas de tratamento de água para abastecimento, o programa desenvolvido no presente trabalho é uma sugestão inovadora que busca melhorar a qualidade ambiental dos sistemas de abastecimento e garantir a gestão e disponibilidade dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Tratamento de água. Práticas sustentáveis. Impactos ambientais.

Abstract

RODRIGUES, J. M. Development of parameters to verify the sustainability in the operation of water supply systems in the Brazilian context. 2020. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2020.

There are different water treatment processes for public supply in Brazil, among the different technologies, there is a single objective: to transform raw water into quality treated water, to guarantee the health of the population. Thus, the process of removing impurities and pathological agents involves the extraction of raw materials, waste generation, among other relevant environmental aspects and their resulting environmental impacts. The present work sought to identify the environmental aspects and impacts involved in this process, to then select the actions that promote the sustainability of the operation of the water supply systems and propose a sustainability classification tool. Therefore, through a Systematic Bibliographic Review and a Scope Review, it was possible to identify sustainable practices, related to the main technical processes and organizational functions, capable of reducing the negative environmental impacts of the system's operation, from intake to distribution. In this way, it was possible to list 61 sustainable practices extracted from the literature and another six proposed practices, composing an assessment and classification system called 'SAA + Limpo'. In the form of an Excel spreadsheet, the program allows the user to make a verification of the system, returning the level of sustainability of the system, classified according to the applicability of the practices. Bearing in mind that, to the best of our knowledge, there is no certification in the literature for improving the environmental quality of water treatment systems for supply, the program developed in this work is an innovative suggestion that seeks to improve the environmental quality of water treatment systems supply and guarantee the management and availability of water resources.

Key words: Water treatment. Sustainable practices. Environmental impacts.

Lista de Figuras

Figura 1 - Padrões de potabilidade vigentes em países da América e Guias da OMS, parâmetros físico-químico.	22
Figura 2 - Fluxograma do processo de tratamento convencional de água para abastecimento	24
Figura 3 - Principais tecnologias de tratamento de água utilizadas no Brasil	25
Figura 4 - Situação do abastecimento de água no Brasil em 2018	36
Figura 5 - Períodos de publicações dos documentos estudados	59
Figura 6- Programa SAA+Limpo	78
Figura 7 - Resultado exibido no Programa SAA+Limpo	79
Figura 8- Resultados do estudo de caso hipotético A.....	82
Figura 9- Resultados do estudo de caso hipotético B.....	85
Figura 10- Resultados do estudo de caso hipotético C.....	88

Lista de Quadros

Quadro 1 - Requisitos Legais, aspectos e impactos ambientais no tratamento de água.....	40
Quadro 2 - Modelos legais e normas aplicadas a questões ambientais no Brasil.....	43
Quadro 3 - Resultados quanto ao porte das Estações de Tratamento de Água	55
Quadro 4 - Resultados quanto as tecnologias utilizadas no Sistemas de Abastecimento de Água	56
Quadro 5 - Localidade dos estudos in loco identificados neste trabalho.....	57
Quadro 6- Temas abordados nos documentos estudados	58
Quadro 7 - Aspectos ambientais identificados	60
Quadro 8 - Impactos ambientais identificados	61
Quadro 9 – Relação entre a ação mitigadora identificada, o possível impacto ambiental reduzido e as práticas para adquirir a ação mitigadora.....	64
Quadro 10 – Práticas sustentáveis e categorias de classificação	72
Quadro 11 - Práticas sustentáveis propostas pela autora	76
Quadro 12 - Estudos de caso hipotéticos analisados	79
Quadro 13- Situação das práticas sustentáveis consideradas no estudo de caso hipotético A	80
Quadro 14- Situação das práticas sustentáveis consideradas no estudo de caso hipotético B	83
Quadro 15- Situação das práticas sustentáveis consideradas no estudo de caso hipotético C	86

Lista de abreviaturas e siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AIA	Avaliação de Impacto Ambiental
ANA	Agência Nacional de Águas
AQUA	Alta Qualidade Ambiental
CMED	Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e o Desenvolvimento
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
ETA	Estação de Tratamento de Água
FISPQ	Fichas de Informações de Segurança de Produtos Químicos
FSC	Forest Stewardship Council
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais
IBD	Instituto Biodinâmico
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Imaflora	Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
MIT	Massachusetts Institute of Technology
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
RBS	Revisão Bibliográfica Sistemática
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SAA+Limpo	Sistema de Abastecimento de Água mais Limpo
SDU	Sistema de Drenagem Urbana
SES	Sistema de Esgoto Sanitário
SINDCON	Sindicato Nacional das Concessionárias Privadas de Serviços Públicos de Água e Esgoto
Sisnama	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SRSU	Sistema de Resíduos Sólidos Urbanos
VG	Valores-Guia
VMP	Valores Máximos Permitidos

Sumário

1. Introdução	21
2. Justificativa	29
3. Objetivos	31
3.1. Objetivo geral	31
3.2. Objetivos específicos	31
4. Revisão bibliográfica	33
4.1. Qualidade da água	33
4.2. Contexto brasileiro	36
4.3. Aspectos e impactos ambientais	39
4.4. Sustentabilidade e certificações	47
5. Metodologia	51
6. Resultados e Discussões	55
6.1. Caracterização do estudo	55
6.2. Aspectos ambientais, impactos ambientais e práticas sustentáveis	59
6.3. Classificação das práticas sustentáveis	72
6.4. Proposta de avaliação	77
6.5. Estudos de caso hipotéticos	79
6.6. Recomendações	88
7. Conclusão	91
Referências	93
Apêndice A	103
Apêndice B	105

1. Introdução

As décadas de 1970 a 1990 foram um marco para a humanidade no que diz respeito ao manejo dos recursos hídricos. Eventos como a Conferência das Nações Unidas para a Água (1977), a Década Internacional de Abastecimento de Água Potável e Saneamento (1981-1990), a Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente (1992) e a Cúpula da Terra (1992) são exemplos de desenvolvimento de diretrizes e formas de discussões que implicaram em um maior acesso, desde então, da população à água potável, cerca de 1,3 bilhão de pessoas ao redor do mundo (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS BRASIL – ONU BRASIL, 2020).

A água é um bem comum e essencial a todos os seres vivos e as práticas de sua conservação devem ser de preocupação universal, uma vez que é notável que, em diferentes locais do mundo, o acesso a este recurso está sendo comprometido, ora pela forma como é distribuído, ora pela sua disponibilidade (WIVALDO; MOREIRA; SILVA, 2018). No contexto brasileiro, pode-se dizer que a extensão territorial e os regimes hídricos característicos do país proporcionam uma poderosa responsabilidade para com este recurso, principalmente por dispor de 11,6 % do volume total de recursos hídricos do mundo, dois quais, 80% se encontram na região amazônica (VOLKMER et al., 2018).

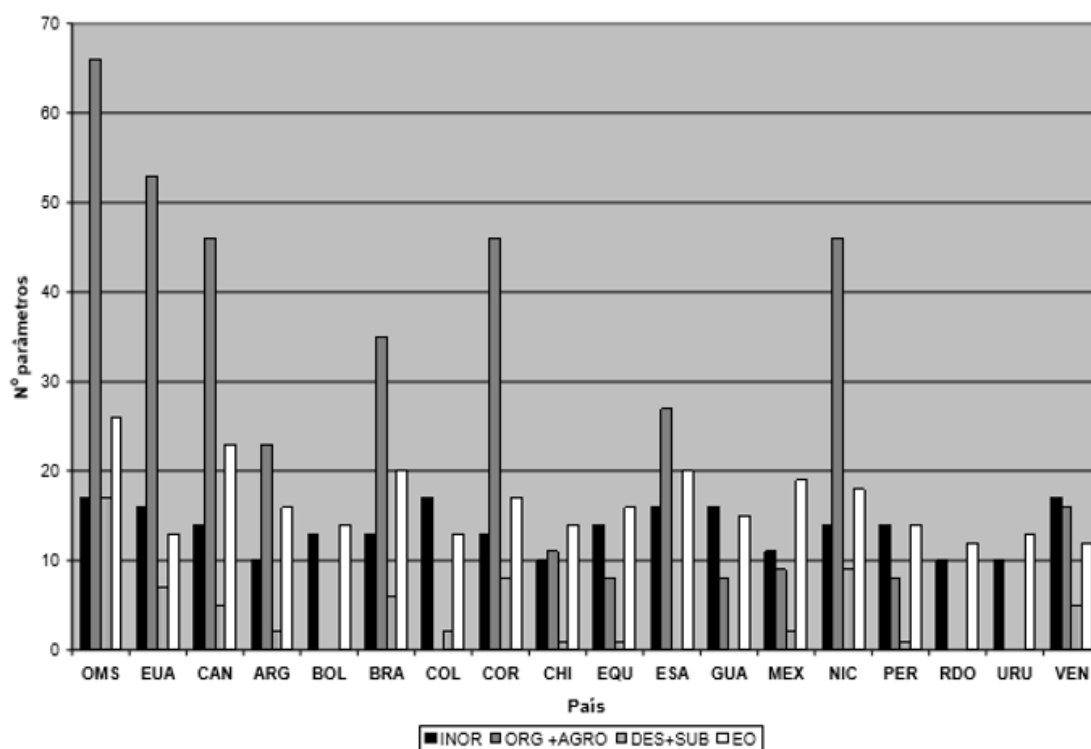
A regulamentação acerca da qualidade da água no Brasil, com o intuito de garantir à população água potável de qualidade, juntamente com uma gestão adequada de recursos hídricos, teve início também na década de 1970 (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA, 2020). O Decreto Federal nº 79.367/1977 estabeleceu ser de responsabilidade do Ministério da Saúde a elucidação de padrões de potabilidade da água para consumo humano, por meio da Portaria BSB nº 56, englobando constituintes microbiológicos e químicos com potencial risco à saúde humana (BRASIL, 1977). Em 1986, o Ministério da Saúde divulgou o Plano Nacional de Vigilância da Qualidade de Água, com o intuito de revisar a legislação, criar estratégias para a fiscalização dos Padrões de Potabilidade e capacitar os profissionais das Secretarias Estaduais da Saúde (FREITAS; FREITAS, 2005).

O programa de monitoramento e regulamentação deve ser seguido à risca e, para este fim, as autoridades sanitárias precisam investir em um sistema de tratamento eficiente, possuir uma equipe de profissionais e laboratórios altamente qualificados e dispor de veículos e meios em quantidades suficientes para atender às diligências de inspeção

(ABREU, 2000). A Figura 1 ilustra comparativamente o número parâmetros de padrões adotados pelos principais países da América latina.

Figura 1 - Padrões de potabilidade vigentes em países da América e Guias da OMS, parâmetros físico-químico.

(1) INOR: substâncias químicas inorgânicas de importância para a saúde; ORG: substâncias químicas orgânicas de importância para a saúde; AGRO: agrotóxicos.



Fonte: Bastos et al. (2004)

A Organização Mundial da Saúde (OMS) propõe diretrizes, através de estudos toxicológicos e o desenvolvimento de Valores Máximos Permitidos (VMP), além de estudos a respeito de contaminantes considerados como perigosos, dos quais derivam Valores-Guias (VG), ou seja, a concentração de um composto que não representa risco significativo para a saúde do consumidor durante toda sua vida. Desta forma, os países utilizam estes parâmetros e aplicam em sua realidade, como é o caso do Brasil, onde todas as normas de potabilidade foram feitas com base nas recomendações da OMS (BASTOS et al., 2004; FREITAS; FREITAS, 2005).

A Portaria de Consolidação nº 05/2017 do Ministério da Saúde diz no capítulo V Seção II, Artigo 129 “O Anexo XX dispõe sobre o controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade” (BRASIL, 2017, p. 37). A Resolução CONAMA 357/2005 garante limites individuais de potabilidade para cada substância em cada classe de enquadramento, ou seja, a resolução “dispõe sobre a

classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências” (BRASIL, 2005, p. 1).

No entanto, a expansão urbana, as atividades antrópicas e mudanças climáticas têm mudado significativamente os recursos naturais em todo planeta (GOULART; CALLISTO, 2003). Não existe um ecossistema que não tenha sido afetado por algum destes fatores, eventos como contaminação de ambientes aquáticos e lençóis freáticos, desmatamento e diminuição da biodiversidade estão se tornando cada vez mais comuns (GOULART; CALLISTO, 2003).

Situações mais alarmantes, identificadas no mundo, como o desaparecimento de pantanais, pequenos tributários aterrados e rios importantes cujas águas não chegam mais ao mar, evidenciam a necessidade de a gestão dos recursos hídricos ser feita de forma responsável (CIRILO, 2015). Estima-se que ao menos 3 milhões de crianças morrerão ao ano se a poluição da água continuar nos padrões atuais (CIRILO, 2015).

Para garantir os padrões de potabilidade, apesar das mudanças antrópicas no meio natural, a humanidade desenvolveu métodos de tratamento que permitem atenuar essas barreiras, compondo o sistema de saneamento (ACHON, 2008). Ademais, os padrões de tratabilidade dos resíduos líquidos e sólidos ainda não alcançaram os níveis desejáveis, com a gestão de recursos insuficientes, o aumento dos poluentes e a captação de água em fontes cada vez mais distantes, os custos de tratamento para abastecer os grandes centros urbanos crescem (CIRILO, 2015).

De acordo com a Lei 11.445 de 2007 que dispõem das diretrizes nacionais do saneamento básico, um conjunto de serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos e, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas devem compor as quatro divisões do sistema de saneamento, mais especificamente, o Sistema de Abastecimento de Água (SAA), Sistema de Esgoto Sanitário (SES), Sistema de Resíduos Sólidos Urbanos (SRSU) e Sistema de Drenagem Urbana (SDU) (ACHON, 2008).

O Sistema de Tratamento de Água para Abastecimento tem como objetivo adequar a água disponível em meios superficiais, subterrâneos ou nascentes garantindo a segurança do consumidor apesar das situações sazonais ocorrentes do clima, sabe-se que em períodos de chuva a contaminação da água é maior devido ao escoamento superficial (VOLKMER, 2018).

O Sistema de Abastecimento de Água, conta com as Estações de Tratamento de Água (ETA) para adequar os padrões de potabilidade, antes de distribuir a água para as comunidades e população (JANUÁRIO; FERREIRA FILHO, 2007). Deste modo, a ETA funciona como uma indústria que transforma a água bruta, que é a água retirada dos mananciais pela captação, em água potável, com qualidade assegurada para a população (GUERRA; ANGELIS, 2005). Para isto, a água passa por operações químicas e físicas, determinados de acordo com a qualidade da água bruta (JANUÁRIO; FERREIRA FILHO, 2007).

A caracterização desta é de extrema importância para que a tecnologia adequada seja escolhida, de forma a reduzir os custos de tratamento, os resíduos gerados e ter maior eficiência (MICHELAN et al., 2019).

Os sistemas de tratamento começaram a ficar mais complexos e completos quando, em 1890, o americano George Fuller orientou que antes da filtração das águas do rio Ohio houvesse uma etapa de clarificação, assim, nas décadas seguintes, foi implementada a aplicação do coagulante na unidade de mistura rápida, então, o sistema passou a envolver unidades de floculação, sedimentação e filtração, passando a ser nomeada como tratamento convencional (MELO, 2019). A Figura 2 ilustra o fluxograma do processo de tratamento.

Figura 2 - Fluxograma do processo de tratamento convencional de água para abastecimento



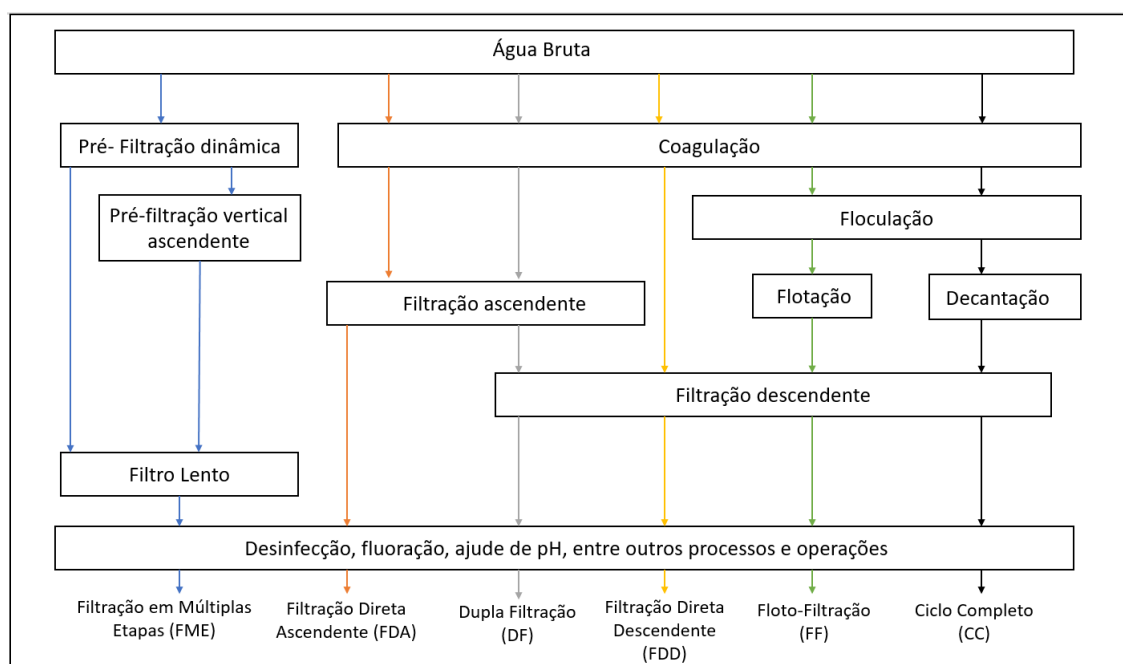
Fonte: Melo (2019)

Em sistemas de tratamento de água do tipo convencional, as etapas estão organizadas em série, ou seja, o desempenho de cada uma das unidades pode afetar o funcionamento das subsequentes, por tanto é necessário avaliar cada unidade individualmente e o tratamento como um todo (MELO, 2019).

No Brasil, as principais técnicas utilizadas compreendem o tratamento convencional (ciclo completo), responsável por 69,2 % das águas distribuídas, filtração direta, podendo ser do tipo lenta ou por membranas, e a flotação (VOLKMER, 2018). A Figura 3 ilustra as

principais tecnologias utilizadas para o tratamento de água, assim como os processos e operações envolvidos em cada uma delas.

Figura 3 - Principais tecnologias de tratamento de água utilizadas no Brasil



Fonte: Adaptado de Sabogal (2007)

Um problema grave que o Brasil enfrenta atualmente é o desperdício de água por vazamentos no sistema de distribuição, chegando a 34,38% na região Sudeste e 45,98% no Nordeste (SNIS, 2020). Como Sabogal Paz (2007) ressalta, é indispensável que o serviço de abastecimento de água seja eficiente para que as comunidades possam se desenvolver, desafio presente na realidade brasileira, pois enquanto os aspectos técnicos, ambientais, sociais, culturais, econômicos e institucionais que permitem a implantação de obras sanitárias eficientes e sustentáveis não forem fortalecidos, as políticas públicas permanecerão limitadas.

Para que o tratamento de água seja efetivo, duas principais condições devem ser estudadas, a primeira é a caracterização da água bruta e a segunda é a qualidade que se deseja produzir de água tratada, para este fim, outros fatores como facilidade de operação, custos de construção e flexibilidade de operação devem ser bem definidas (VOLKMER, 2018).

O funcionamento inapropriado dos sistemas de tratamento de água se apresenta em um cenário comum em toda a América Latina, este problema se dá, sobretudo pela falta de uma abordagem mais ampla na escolha da tecnologia, que negligencia os aspectos ambientais, econômicos e sociais, consequentemente, os impactos ambientais negativos

originados pela estação de tratamento de água são esquecidos (SAKAMOTO, 2013). No entanto, segundo o Decreto nº 99.274 de 1990 qualquer empreendimento que acarrete mudanças no meio ambiente decorrente de sua construção e operação devem ser acompanhados de um estudo de impacto ambiental para serem licenciados adequadamente (BRASIL, 1990).

De acordo com Goulart e Callisti (2003), a década de 60 foi marcante para a área de projetos de engenharia, pois movimentos ambientalistas promoveram manifestações contra a construção de grandes represas, rodovias, complexos industriais, dentro outros projetos, assim, a passos curtos, criou-se a consciência de que o sistema de aprovação de projetos deveria considerar mais do que aspectos tecnológicos, incluindo questões culturais e sociais. Com ajuda da sociedade civil organizada, foi criada uma legislação ambiental nos Estados Unidos, que deu origem ao Sistema de Estudos de Impacto Ambiental (EIA) (GOULART; CALLISTO, 2003).

O impacto ambiental é caracterizado pela mudança de um ou mais componentes do meio ambiente, tendo em vista o efeito de uma ação antrópica sobre o ecossistema, ou seja, a alteração de um parâmetro ambiental que possa levar o meio ambiente a uma condição diferente do que a natural deste (SÁNCHEZ, 2006). Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2015) define-se impacto ambiental como sendo uma modificação do meio ambiente, seja ela adversa ou benéfica resultante no todo ou em parte de uma organização em produzir atividades, produtos e serviços.

Para se definir um parâmetro ambiental como indicador, seja esse uma forma de mensurar a intensidade e abrangência do impacto, é preciso compreender que nem todos os impactos significativos são de fácil descrição ou mensuração (SÁNCHEZ, 2006). Para tanto, através do indicador ambiental estudado, cria-se a *base line* que irá comparar, após o projeto iniciado, qual comportamento a situação teria com e sem o projeto de acordo com o tempo, a diferença entre os comportamentos citados caracteriza o impacto ambiental (SÁNCHEZ, 2006).

Tendo em vista a importância de mensurar os impactos ambientais de forma efetiva e palpável, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), a Rio-92, declarou a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) como instrumento de intervenção, tendo consequência pela autoridade nacional competente no que diz respeito aos empreendimentos com chances de causar impactos adversos significativos (CUNHA et al., 2013). Posteriormente, a Agenda 21 e a Convenção sobre Mudança do Clima reafirmaram a importância de ser desenvolvidos e estimulados estudos

sobre AIA, relacionando seus fatores e propondo ações mitigadoras (SÁNCHEZ, 2006).

Uma alternativa que busca contemplar as situações em que ocorrem os impactos, a avaliação dos mesmos e a proposição de medidas que mitiguem os danos causados são as certificações, essas são de grande interesse para os empreendimentos pois além de ter ações mais sustentáveis, diminuem despesas com manutenção, redução do consumo de água e eletricidade (CAMPOS; FERRÃO, 2018). É um mercado promissor devido ao grande aumento de profissionais capacitados pelos sistemas de certificação para a execução e desenvolvimento de novas tecnologias sustentáveis (CAMPOS; FERRÃO, 2018).

2. Justificativa

No Brasil, desde 2015 o Sindicato Nacional das Concessionárias Privadas de Serviços Públicos de Água e Esgoto (SINDCON) premia as concessionárias e seus funcionários em três categorias: institucional, gestão e técnica; contemplando projetos que visam reduzir vazamentos, preservar mananciais, gerar energia, dentre outros (SINDCON, 2019). A sustentabilidade ambiental, além de integrar os negócios no setor do saneamento, deve fazer parte da sua operação, permeando toda a organização (LOPES, 2017). Atrelada ao saneamento ambiental, a sustentabilidade deve ser tratada como complementares para o alcance de uma melhor qualidade de vida e a preservação ambiental (TAVARES, 2014).

No entanto, apesar de muito relevantes, as práticas sustentáveis para o setor de abastecimento de água não foram, até o momento, sistematizadas. Assim, entende-se a necessidade de encontrar maneiras de tornar os sistemas de abastecimento de água mais eficazes e sustentáveis.

Desta forma, o presente trabalho busca identificar os aspectos e os impactos ambientais provenientes dos Sistemas de Abastecimento de Água, de forma a elencar as principais práticas sustentáveis, e assim, propor um método de verificação da sustentabilidade dos SAAs brasileiros.

3. Objetivos

3.1. Objetivo geral

O desenvolvimento de parâmetros capazes de verificar a sustentabilidade de operação de sistemas de abastecimento de água no contexto brasileiro.

3.2. Objetivos específicos

A fim de se atingir o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram estabelecidos:

- Identificar os aspectos e impactos ambientais em sistemas de abastecimento de água;
- Seleção das ações que mitigam os impactos gerados pelos sistemas de abastecimento de água (práticas sustentáveis);
- Propor uma ferramenta de verificação e classificação da sustentabilidade dos sistemas de abastecimento de água no contexto brasileiro (SAA+Limpo).

4. Revisão bibliográfica

4.1. Qualidade da água

A água é um elemento indispensável ao funcionamento da vida no planeta, o tratamento se mostra uma atividade fundamental para a manutenção da qualidade de vida dos seres humanos, sendo um dos pilares do saneamento básico (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2012). O saneamento básico tem enfrentado uma dualidade dura, por um lado os padrões de potabilidade assumindo medidas cada vez mais restritivas, exigindo maior eficiência das estações de tratamento de água (ETAs) existentes, enquanto que a qualidade das águas brutas captadas vem caindo cada vez mais em decorrências das atividades antrópicas que causam poluição pontual e difusa nos corpos hídricos (LOPES; LIBÂNIO, 2005).

Neste âmbito, sabe-se que muitos casos de doenças ligadas à água contaminada são fatais para certas comunidades, desta forma, a abrangência dos serviços de água e esgoto representam a qualidade de vida de uma população (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2017). Neste contexto, as estações de tratamento de água desempenham um papel fundamental para a manutenção da qualidade da água para abastecimento, removendo da água bruta os patógenos, organismos e substâncias químicas que podem ser prejudiciais à saúde (LOPES; LIBÂNIO, 2005). A diminuição da qualidade da água tanto subterrânea quanto superficial, juntamente com o avanço tecnológico das indústrias e do crescimento populacional, torna a necessidade de tratamento da água para consumo humano indispensável (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2017).

Tendo em vista o aparato tecnológico da nossa sociedade, é possível tornar a água de qualquer qualidade em água potável, para isso, é preciso escolher a tecnologia que seja mais eficiente em função das características da água bruta e operar o sistema de forma devida, isso faz os custos, confiabilidade e manutenção dos sistemas variarem de situação para situação (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN,, 2017). As tecnologias de tratamento podem ser divididas entre com coagulação e sem, em ambas podem ocorrer o pré-tratamento ou não, o fator decisivo para a escolha da tecnologia deve ser a qualidade da água bruta (SABOGAL; DI BERNARDO, 2007).

A tecnologia de Ciclo Completo inclui os processos de coagulação, floculação, decantação e filtração (ACHON; BARROSO; CORDEIRO, 2013). Contudo, é comum às ETAs brasileiras operarem além da capacidade de projeto e/ou produzir água com qualidade insatisfatória (LOPES; LIBÂNIO, 2005).

O processo de coagulação se define pela modificação de algumas características da água a fim de remover impurezas e ocorre através do uso de coagulante, que reage com as impurezas em suspensão formando espécies hidrolisadas com carga positiva, esta reação pode ser mais eficiente de acordo com o pH da mistura, sendo necessária a devida agitação do meio (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2017). A desestabilização e formação de polímeros podem ocorrer como fenômenos separados quando se usa coagulantes metálicos, isto é, os polímeros são menos efetivos como aglutinantes para ligar as partículas quando comparados a utilização de coagulantes orgânicos ou sintéticos (VANACÔR, 2005).

As impurezas da água bruta são responsáveis pela turbidez, cor, odor e sabor das águas de abastecimento. Alguns fatores que influenciam na eficiência do processo de coagulação são: o pH do meio, a dosagem do coagulante, o tempo e gradiente de velocidade da mistura rápida, o uso de auxiliares de coagulação e a dispersão do agente na mistura rápida (FRANCISCO; POHLMANN; FERREIRA, 2011). A coagulação é realizada em unidades de mistura rápida, podendo ser do tipo hidráulicas (vertedores, calha Parshall, injetores e difusores), do tipo mecânicas (câmara de mistura ou Backmix) ou especiais (misturadores estáticos) (SABOGAL, 2007). Vale ressaltar que o volume de chuva eleva os valores de turbidez, cor, ferro, dureza e concentrações de *E. coli*, assim, a maioria das características qualitativas da água bruta irá variar de acordo com o índice pluviométrica da região (LOPES; LIBÂNIO, 2005).

A operação de floculação consiste na agitação lenta das partículas formadas na coagulação, fazendo com que ocorra a formação de flocos através do choque entre essas partículas, que se aglomeram posteriormente (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2017). Em seguida, ocorre a operação de decantação, definido pelo processo físico em que a ação da gravidade promove um movimento descendente em meio líquido das partículas suspensas com menor massa específica (SABOGAL, 2007).

Por fim, a filtração é a técnica utilizada para remoção de impurezas, como partículas suspensas e coloidais presentes na água, isto se dá pelo escoamento da água através de um meio poroso, o filtro, e é o processo unitário principal para a produção de água com qualidade (SABOGAL, 2007). A remoção das partículas é feita através de mecanismos influenciados por características físicas e químicas das mesmas, características da água e do meio filtrante, da taxa de filtração e do método de operação dos filtros, em suma o transporte, a aderência e o desprendimento são os três principais mecanismos envolvidos na filtração (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2017).

O meio filtrante é composto por grãos de antracito, areia ou qualquer outro material granular, e as forças superficiais do meio filtrante atraem as partículas suspensas superando as forças de cisalhamento resultante do escoamento (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2017).

Segundo Di Bernardo, Dantas e Voltan, (2017) a desinfecção consiste na inativação de microrganismos patogênicos presentes na água, como bactérias, vírus e protozoários, através de agente químico ou não químico para atuação nas estações de tratamento de água os desinfetantes devem ter as seguintes características:

- Destruir os microrganismos patogênicos na quantidade em que se apresentarem em tempo razoável;
- Não ser tóxico ao ser humano e animais domésticos, além de não causar odor e sabor na água;
- Ter um custo razoável e oferecer condições seguras de transporte, armazenamento, manuseio e aplicação;
- Ter métodos simples, confiáveis e rápidos de se medir a concentração na água;
- Produzir residuais capazes de persistir as diversas partes do sistema de abastecimento sem causar contaminações na água.

O pré-tratamento contempla a captação de mananciais superficiais ou subterrâneos, infraestrutura de adução da água bruta, energia e bombas envolvidas para transportar a água até a estação de tratamento de água, há necessidade de controle operacional, gestão de consumo dos produtos químicos, controle de perdas de água, eficiência energética da estação e controle na geração dos resíduos, o pós-tratamento contempla o controle de qualidade da água tratada, a análise dos resíduos gerados e devido descarte do mesmo (FRANCISCO; POHLMANN; FERREIRA, 2011). Ressalta-se que um bom controle de qualidade garante o atendimento aos critérios de qualidade e legislações relacionadas (FRANCISCO; POHLMANN; FERREIRA, 2011).

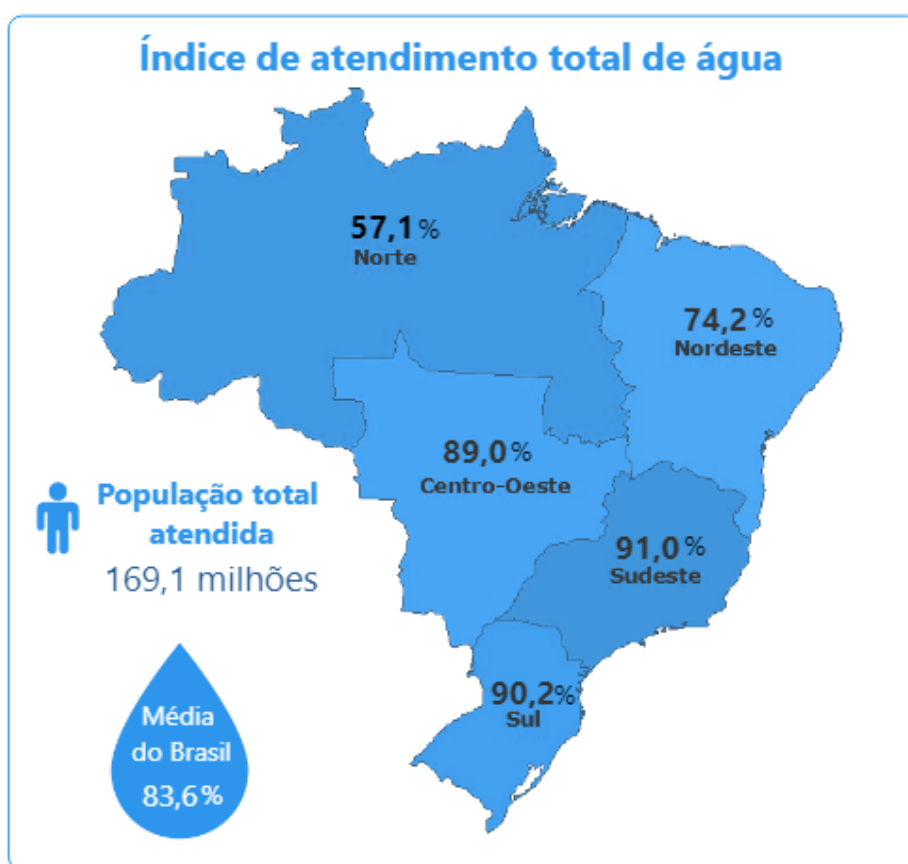
Os padrões de qualidade ambiental são instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente, buscando prevenir e corrigir os impactos ambientais da contaminação e poluição do meio ambiente (ANA, 2020).

4.2. Contexto brasileiro

O Brasil possui 13,70% dos recursos hídricos do planeta, porém a distribuição no território é desigual, fazendo com que a bacia Amazônica detenha 73% da água doce disponível no país, enquanto as regiões onde habitam 95% da população tem apenas 27% das reservas de água (COSTA, 2019).

O acesso ao abastecimento de água atingiu 81,7% da população em 2009 e 95,2% da população urbana no mesmo ano (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2012). Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2020), em 2018 o Brasil atendeu 169,1 milhões de brasileiros com abastecimento de água, porém de forma não uniforme em todo território, como pode-se observar na Figura 4, a região Norte é a que tem o pior índice de atendimento enquanto as regiões sudeste e sul apresentam os melhores índices.

Figura 4 - Situação do abastecimento de água no Brasil em 2018



Fonte: SNIS (2020)

Além disso, a respeito dos prestadores de serviços, no ano de 2018 a maioria foi de administração pública (51,00%), seguido de autarquias (37,01%) e empresas privadas (8,60%), e a extensão da rede de abastecimento brasileira contempla 662,6 mil quilômetros e mais de 57 milhões de ligação de água, mas estima-se que 38,50 % da água encaminhada na rede não é contabilizada pela concessionária ou é perdida na distribuição (SNIS, 2020).

Estima-se que o volume de água tratada distribuída no Brasil no ano de 2017 foi de 43.645.542 m³/dia, dos quais apenas 26.584.964 m³/dia foram de fato consumidos, contemplando um índice de perdas de 38,90 %, ademais, no mesmo período, 2.527.219 m³/dia foram distribuídos por dia sem tratamento algum (INSTITUO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2020).

Segundo a Lei nº 14.026/2020, que atualiza o marco legal do saneamento, aproximadamente 35 milhões de brasileiros não têm acesso a água tratada e cerca de 15 mil pessoas morrem por ano no Brasil devido a doenças ligadas a precariedade do sistema de saneamento, além provocar cerca de 340 milhões de internação e da perda de 50 milhões de dias de trabalho que consequentemente reduz a produtividade e renda de milhões de brasileiros (BRASIL, 2020).

A diversidade geográfica do Brasil e o intenso processo de urbanização ocorrido nas últimas décadas fazem parte dos desafios enfrentados pelo setor de saneamento, incluindo a escassez de água encontrada nos mananciais de regiões de clima semiárido, a frequência de abastecimento na mesma fonte hídrica em regiões metropolitanas, o que gera conflitos relacionados à quantidade e qualidade da água e o complexo planejamento e operação dos sistemas que atendem várias cidades de forma simultânea e interligada (ANA, 2020).

Apesar do cenário atual apresentar uma melhora quanto ao saneamento básico no Brasil, ainda se faz necessária a melhoria da qualidade do serviço oferecido à população, em função de condições precárias ou ineficientes de operação e manutenção os sistemas de tratamento não atendem aos padrões de potabilidade vigente (SAKAMOTO, 2013).

Para o tratamento ser eficiente é preciso integrar barreiras de remoção de forma que cada etapa tenha uma meta específica de remoção a ser cumprida. , No contexto brasileiro ocorre a falta de controle operacional e o comprometimento do desempenho dos processos e operações unitárias em consequência de falhas na seleção da tecnologia adequada e elaboração do projeto, como erros de dimensionamento de floculadores e decantadores (SAKAMOTO, 2013).

A tecnologia mais utilizada no Brasil é a de ciclo completo, operando na maioria das 7.500 estações projetada no país, as demais podem incluir operações unitários com e

sem coagulação (ACHON; BARROSO; CORDEIRO, 2013; FRANCO, 2009). O coagulante mais utilizado para o processo de clarificação da água é o sulfato de alumínio, os sais de alumínio formam flocos moderadamente pesados, além de ser de baixo custo e manejo relativamente simples (VANACÔR, 2005). O sulfato de alumínio tem sido apontado como um dos precursores do Alzheimer, além de trazer prejuízo no desenvolvimento de peixes e algas quando em excesso nos corpos hídricos (VANACÔR, 2005).

Os coagulantes orgânicos são mais vantajosos por reduzir a dosagem de coagulante primário, aumentar a velocidade de sedimentação dos flocos, reduzir as forças de cisalhamento nos flocos durante o escoamento da água floculada e reduzir a possibilidade de transpasse dos flocos pelo filtro fazendo com que as carreiras de filtração sejam maiores (SILVA, 2019).

Neste contexto, vê-se a necessidade de monitoramento com a disposição final dos resíduos gerados, nas ETAs de ciclo completo os dois principais resíduos são o lodo do decantador e a água de lavagem dos filtros (FRANCO, 2009). Os lodos são caracterizados pelos derivados dos sólidos suspensos presentes na água bruta e dos produtos químicos utilizados no processo de tratamento; normalmente a produção de lodo aumenta em períodos chuvosos, uma vez que há uma piora da qualidade da água bruta, demandando mais produtos químicos no tratamento (JANUÁRIO; FERREIRA FILHO, 2007). Estima-se que a proporção de lodo gerado no decantador varia de 0,2 a 5% do volume de água tratada ou de 10 a 60g por m³ de água tratada (GANDIA et al., 2019).

Segundo Januário e Ferreira Filho (2007), a ausência de dados que possibilitem o cálculo da produção de lodo de forma segura é uma das principais dificuldades para a maior parte das estações de tratamento de água no Brasil, pois estas acabam não monitorando a qualidade da água bruta, que por consequência influencia na dosagem de coagulante e produção do lodo, dificultando a disposição final.

A maioria das ETAs do estado de São Paulo e Minas Gerais lançam os lodos provenientes dos decantadores sem tratamento prévio em corpos hídricos, pode-se dizer que a maioria das ETAs no Brasil lançam seus resíduos em cursos d'água, mesmo que isso contrarie a legislação vigente e provoque impactos ambientais (ACHON; BARROSO; CORDEIRO, 2013). É de responsabilidade ambiental das concessionárias dar o devido destino aos seus resíduos (ACHON; BARROSO; CORDEIRO, 2013).

4.3. Aspectos e impactos ambientais

O crescimento exponencial das atividades humanas gera pressão sobre o planeta, que podem causar um desequilíbrio crítico, e até irreversível, ao meio ambiente e ao bem-estar humano, para evitar essa situação é necessário estabelecer uma barreira planetária, isto é, estabelecer limites para as mudanças ambientais globais (ROCKSTRÖM et al., 2009). Estas barreiras são uma forma de limitar a viabilidade, através de valores de controle em uma margem segura entre os riscos mais perigosos de degradação, e, portanto, dobrar as curvas de degradação ambiental global, isto é, inverter o sentido do comportamento ambiental atual, diminuindo a degradação ambiental e melhorando a sustentabilidade, identificando as chaves do sistema global que possam nortear essas limitações e atendendo as qualidades do meio ambiente (ROCKSTRÖM et al., 2009).

Ao passo que as bacias hidrográficas se tornam mais urbanizadas, os mananciais sofrem impactos ambientais negativos, diminuindo a qualidade da água bruta e aumentando os custos e complexidade do tratamento (LOPES; LIBÂNIO, 2005). Assim, os sistemas de abastecimento de água devem estar sujeitos ao licenciamento ambiental, uma vez que a implantação pode provocar impactos ambientais negativos (VOTRE, 2014).

Os autores Oliveira e Lobo (2010) consideram os aspectos como geração de lodo e efluentes de lavagem de filtros de estações de tratamento de água como causas de impactos ambientais e recomenda estudos que identifique medidas favoráveis a qualidade do meio ambiente, bem como melhorias nas condições de saneamento básico.

Alguns possíveis problemas ambientais enfrentados na estação de tratamento de água dizem respeito a destinação do lodo retido nos decantadores, o consumo adicional de água para lavagem dos filtros, a destinação final das águas de lavagem dos filtros e os riscos de acidentes no manuseio dos produtos de desinfecção da água (CESAN, 2013).

Com o objetivo de levantar os principais aspectos e impactos ambientais no processo de operação das estações de tratamento de água, Sakamoto (2013) estudou as principais tecnologias de tratamento em pequenas e médias comunidades no contexto brasileiro e identificou:

- Principais aspectos ambientais:
 - Consumo de energia elétrica;
 - Consumo de produtos químicos;
 - Geração de resíduos líquidos;
 - Geração de resíduos sólidos.

- Principais impactos ambientais:
 - Redução da disponibilidade de elétrica para outros usos;
 - Impactos ambientais relacionados à produção, transmissão e distribuição da energia elétrica;
 - Fabricação de produtos químicos;
 - Riscos de poluição/contaminação dos solos, das águas superficiais e subterrâneas decorrentes de possíveis acidentes durante o inadequado manuseio e/ou armazenamento;
 - Riscos de poluição/contaminação dos solos e das águas superficiais e subterrâneas;
 - Risco à saúde pública e à comunidade aquática;
 - Risco à saúde pública, à fauna e flora.

Em outro estudo realizado por Oliveira e Lobo (2010), os autores elaboraram o levantamento da legislação ambiental vigente e associou aos impactos ambientais de uma Matriz de Aspectos Ambientais de Estação de Tratamento de Água Convencional, o que resultou num Plano de Ação que facilitou as tomadas de decisões dos responsáveis pelo saneamento básico, no intuito de alcançar a conformidade legal e diminuir os impactos ambientais. O Quadro 1 ilustra os principais resultados obtidos pelos autores.

Quadro 1 - Requisitos Legais, aspectos e impactos ambientais no tratamento de água

Etapas	Aspectos	Impactos	Requisitos Legais
Captação	Uso de água do manancial	Escassez por uso do Recurso Natural	LEI 9.433/97; PORT. 24/79
Gradeamento e remoção de areia	Descarte de areia e resíduos do gradeamento	Contaminação do corpo hídrico e Alteração da Paisagem	NBR 10.004/04; LEIS: 11.445/07 e 14.657/09; PORTs.: 017/02 e 24/79
	Consumo de energia	Comprometimento da disponibilidade do recurso	NA
	Ruído proveniente do poço de captação e das bombas	Poluição sonora	CONAMA 001/90; NBR 10.152/87

Fonte: Adaptado de Oliveira e Lobo (2010)

Quadro 1 - Requisitos Legais, aspectos e impactos ambientais no tratamento de água (continuação)

Etapas	Aspectos	Impactos	Requisitos Legais
Floculação Adição de Sulfato de Alumínio	Ruído proveniente da Calha Parshall	Poluição sonora	CONAMA 001/90; NBR 10.152/87
Decantação	Geração e descarte de lodo	Contaminação do corpo hídrico	NBR 10.004/04; LEIS: 11.445/07 e 14.657/09; PORTs.: 017/02 e 24/79
Sedimentação dos flocos	Descarte de efluente da lavagem dos decantadores	Contaminação do corpo hídrico	CONAMA 357/05; LEIS: 11.445/07 e 14.657/09; PORTs.: 017/02 e 24/79
Filtração	Descarte de efluente de lavagem de filtros com hipoclorito	Contaminação físico-química e bacteriológica do corpo hídrico	CONAMA 357/05; LEIS: 11.445/07 e 14.657/09; PORTs.: 017/02 e 24/79
Separação das partículas menores da água	Água para lavagem de filtros retirada do rio sem controle de vazão	Escassez por uso do Recurso Natural	CONAMA 357/05; LEIS: 11.445/07 e 14.657/09; PORTs.: 017/02 e 24/79
	Troca de areia	Contaminação do solo e Alteração da Paisagem	NBR 10.004/04; LEIS: 11.445/07 e 14.657/09; PORTs.: 017/02 e 24/79
	Ruído proveniente dos filtros	Poluição sonora	CONAMA 001/90; NBR 10.152/87
Cloração/Fluoretação	Vazamento de gás cloro	Comprometimento da flora e fauna e poluição do ar	LEI 5.793/80
Tratamento com cloro gasoso e adição de Flúor	Vazamento de gás cloro	Incêndio e poluição do ar	LEI 5.798/80; DECRETO 4.909/94

Fonte: Adaptado de Oliveira e Lobo (2010)

Segundo a Resolução CONAMA 001 de 1986, define-se impacto ambiental como

qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultantes das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986).

No Brasil, apenas em 1981 a legislação começa a se preocupar com os impactos ambientais, quando o Congresso aprovou a Lei Federal 6.938/81 Política Nacional do Meio Ambiente, com foco em desenvolver economicamente e socialmente a proteção ambiental, responsabilizando aqueles que causarem danos ao meio ambiente, definindo critérios e padrões de qualidade ambiental e normas para uso e manejo de recursos ambientais, preservando e restaurando os mesmos (SÁNCHEZ, 2006).

Posteriormente, o Poder Público exigiu o Estudo Prévio de Impacto Ambiental para a instalação de obra ou atividade que podem causar de degradação ambiental, através do artigo 225 da Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988). Mesmo com todas as iniciativas tomadas, destaca-se a preocupação com a eficiência do procedimento utilizado, que deverá ser feito sempre anteriormente às tomadas de decisão, reunindo argumentos bem fundamentados para uma proposta que deve ser aprovada pelas autoridades competentes, argumentos estes realizados de forma sistemática e considerando a viabilidade ambiental e socioeconômica do projeto proposto (CUNHA, 2014).

A baixa qualidade dos estudos de impacto e seus parâmetros ambientais, sua implementação ineficiente tanto no monitoramento quanto na mitigação e a fraca interação do AIA com as tomadas de decisões preocupam as autoridades governamentais (PANIGRAHI; AMARIPU, 2012; WOOD, 2003). Sabendo disso, evidencia-se a necessidade de desenvolvimento de pesquisa que analisem a qualidade dos estudos de impacto e assim desenvolver novas tecnologias, inovação e melhorias da AIA no Brasil. (VERONEZ; MONTAÑO, 2017).

Um dos principais instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente é a avaliação de impacto ambiental e foi vinculada aos sistemas de licenciamento de atividade poluidoras ou modificadores do meio ambiente (ANA, 2020). O licenciamento ambiental é uma autorização emitida pelo órgão público capacitado concedida ao empreendedor para que possa, mediante precauções requeridas com o objetivo de salvaguardar o direito coletivo ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, exercer seu direito à livre iniciativa (ANA, 2020).

O Quadro 2 apresenta os principais modelos legais e normas vigente no Brasil que envolvem questões ambientais.

Quadro 2 - Modelos legais e normas aplicadas a questões ambientais no Brasil

Modelos legais	Ano	Conteúdo
Lei Nº 6.938	1981	Esta lei, com fundamento nos incisos VI e VII do art. 23 e no art. 235 da Constituição, estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, constitui o Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama) e institui o Cadastro de Defesa Ambiental
RESOLUÇÃO CONAMA Nº 001	1986	Dependerá de elaboração de estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental - RIMA, a serem submetidos à aprovação do órgão estadual competente, e do IBAMA e em caráter supletivo, o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente
RESOLUÇÃO CONAMA Nº 237	1997	A localização, construção, instalação, ampliação, modificação e operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, bem como os empreendimentos capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento do órgão ambiental competente, sem prejuízo de outras licenças legalmente exigíveis
Lei Nº 9.433	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
RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357	2005	Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências

Fonte: A autora

Quadro 2 - Modelos legais e normas aplicadas a questões ambientais no Brasil (continuação)

Modelos legais	Ano	Conteúdo
Lei Nº 11.445	2007	Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978
Lei Nº 12.651	2012	Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.
Portaria de Consolidação nº5	2017	Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde
Lei Nº 14.026	2020	Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados.

Fonte: A autora

Quadro 2 - Modelos legais e normas aplicadas a questões ambientais no Brasil (continuação)

Normas	Ano	Conteúdo
NBR 12.216	1992	Determina as condições exigidas na elaboração de projetos de estações de tratamento de água destinada à produção de água potável para abastecimento público
ISO 14.031	2004	Fornece orientação para o projeto e uso da avaliação do desempenho ambiental em uma organização. Ela é aplicável a todas as organizações, independentemente do tipo, tamanho, localização e complexidade. Não estabelece níveis de desempenho ambiental. Não se pretende que ela seja usada como uma norma de especificações para propósitos de certificação ou registro, ou para estabelecimento de quaisquer outros requisitos de conformidade de sistema de gestão ambiental.
NBR 14.725	2009	Define os termos empregados no sistema de classificação de perigo de produtos químicos, na rotulagem de produtos químicos perigosos e na ficha de informações de segurança de produtos químicos (FISPQ)
ISO 24.510, ISO 24.511 e ISO 24.512	2013	Fornece às partes interessadas as diretrizes para avaliar e melhorar os serviços prestados aos usuários, bem como a orientação para gestão dos prestadores de serviço de água e de esgoto, de acordo com o alcance dos objetivos globais fixados pelas autoridades competentes e pelas organizações intergovernamentais internacionais. Refere-se a exemplos de indicadores de desempenho relacionados aos critérios de avaliação que podem ser utilizados para avaliar o desempenho dos serviços.

Fonte: A autora

Quadro 2 - Modelos legais e normas aplicadas a questões ambientais no Brasil (continuação)

Normas	Ano	Conteúdo
ISO 14.001	2015	O objetivo desta Norma é prover às organizações uma estrutura para a proteção do meio ambiente e possibilitar uma resposta às mudanças das condições ambientais em equilíbrio com as necessidades socioeconômicas. Esta Norma especifica os requisitos que permitem que uma organização alcance os resultados pretendidos e definidos para seu sistema de gestão ambiental
NBR 10.151	2017	Estabelece os procedimentos para execução de medições de níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações; os procedimentos para determinação do nível de pressão sonora representativo de um ambiente interno a uma edificação; os procedimentos e valores de referência para avaliação sonora de ambientes internos a edificações, em função de sua finalidade de uso; e os valores de referência de níveis de pressão sonora para estudos e projetos acústicos de ambientes internos a edificações, em função de sua finalidade de uso.
NBR 12.218	2017	Estabelece os requisitos para elaboração de projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público

Fonte: A autora

Os autores Silva e Lopes (2018) buscaram verificar como uma empresa de saneamento básico desenvolve e monitora a gestão sustentável, utilizando a relação entre indicadores e certificados obtidos pela empresa. Os resultados mostraram que três certificações ambientais contribuíram consideravelmente para elevar o nível de atuação da empresa de saneamento no que diz respeito à sustentabilidade do seu negócio, sugerindo que estas organizações que buscam certificação assumem maiores responsabilidades com o meio ambiente (SILVA; LOPES, 2018).

4.4 Sustentabilidade e certificações

O processo de desenvolvimento sustentável se deu através de eventos no decorrer da história, a segunda guerra mundial (1939-1945), foi caracterizada pela ascensão do modelo econômico vigente e alto desenvolvimento tecnológico (RATTNER, 2002). Frente ao uso inconsequente dos recursos naturais, foi inevitável que a discussão sobre sustentabilidade viesse à tona (RATTNER, 2002).

Primeiramente, em 1972, na reunião do Clube de Roma em Estocolmo, foi redigido por Meadows e sua equipe do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) um documento apresentando os limites do crescimento, que traz um panorama global sobre os problemas desenvolvidos no cerne do modelo econômico praticado, envolvendo outros aspectos como os sociais, ambientais e industriais. O modelo linear de desenvolvimento funciona de forma viciosa onde gradativamente mais indivíduos estão consumindo e contaminando os recursos limitados, por fim, o documento conclui que esse crescimento conduz ao fim do sistema lançando mão de um desenvolvimento econômico de acordo com a capacidade do ecossistema e biosfera (NIERDELE; RADOMSKY, 2016).

Ainda no mesmo ano, ocorreu em Estocolmo a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, visando os direitos das gerações e critérios de usufruto dos recursos naturais que evitem seu esgotamento, recomendando que os países tivessem responsabilidade com a educação, como a única alternativa viável para a solução dos problemas ambientais (SILVA; BERTOLDI, 2016).

Em consequência da Conferência de Estocolmo, foi criado o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUE), cujo objetivo é tratar das questões ambientais e introduzir o conceito de “ecodesenvolvimento” como alternativa para fundir a economia e a ecologia como cultura mundial, que aos poucos foi substituída pela noção de “desenvolvimento sustentável” (NIERDELE; RADOMSKY, 2016).

Pouco mais de uma década depois, a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMED) da ONU entrega à Assembleia Geral em 31 de dezembro de 1987 o Relatório Brundtland (Relatório Nosso Futuro Comum) (AURÉLIO SOBRINHO, 2008). Aproveitando o conceito de desenvolvimento sustentável, que se expandiu pelo mundo desde 1980, o relatório apresenta propostas, reconhecendo o prejuízo que o atual modelo econômico pode causar nas futuras gerações e assim, propõe que os recursos naturais não só se conservem sem desgaste, mas também se mantenham com o tempo (AURÉLIO SOBRINHO, 2008).

Em 1989, deu-se início a Agenda 21 em uma assembleia extraordinária contemplada pela Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), tal acontecimento desencadeou na conhecida Eco 92, realizada no Rio de Janeiro em 1992 (CUNHA et al., 2013). Sendo a conferência mais importante promovida pela ONU, o evento contou com 40.000 participantes, 108 chefes de Estado e governo, 172 países representados, tendo dez dias de duração, o insumo do evento foi a consolidação da Agenda 21 composta como compromisso para que todos os países envolvidos adotem o plano de ação que trata os problemas ambientais com severa eficiência (NIERDELE; RADOMSKY, 2016).

Ainda deu-se continuidade a Agenda 21 com o segundo evento realizado na cidade do Rio de Janeiro em consequência a Rio 92, chamada Rio+20 que aconteceu vinte anos após sua primeira edição (2012) e consistiu em uma reformulação das propostas anteriores dando maior visibilidade para as questões : economia verde e equidade social em nível global, nacional e local sendo este o acontecimento mais recente mundialmente no que diz respeito a medidas ambientais (CUNHA et al., 2013).

A Organização das Nações Unidas abriu mão de uma definição de desenvolvimento sustentável deste a Rio+20 como se evidencia no documento “O futuro de Queremos” desenvolvido neste mesmo evento, uma vez que o tripé econômico, social e ambiental, bem estabelecido é consensual para os envolvidos nas discussões (SENADO FEDERAL, 2020).

Lima (2018) define que a sustentabilidade estaria na própria vivência dos meios sociais e um dos artifícios para se alcançar a sustentabilidade ecológica é a intensificação de processos que reduzem os poluentes lançados. É de extrema importância a implementação de políticas que não interfiram no desenvolvimento das organizações e tão pouco no meio ambiente, visando minimizar os impactos ambientais negativos e a manutenção da qualidade ambiental (OLIVEIRA; LOBO, 2010).

A certificação é um processo que busca acompanhar e avaliar um produto, processo ou serviço de modo a atender a requisitos em normas e regulamentos técnicos com o menor custo para a sociedade e maior ganho ambiental (NUNES, 2018). Segundo Ariedi Junior e Miranda (2014), a certificação ambiental deve ser aplicada como um instrumento econômico, baseado no mercado, que fornece incentivos tanto para os consumidores quanto para os produtores.

Atualmente tem-se selos de certificações sustentáveis para diversas áreas, como a construção civil, que é vista como geradora de grandes impactos ambientais (ZANGALI, 2013). Os selos e certificações ambientais na construção civil têm como objetivo informar e proteger o consumidor, propiciar a concorrência justa entre as construtoras e estimular a melhora contínua da qualidade, facilitando o comércio internacional e fortalecendo o mercado interno (NUNES, 2018). As certificações *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) e Alta Qualidade Ambiental (AQUA) são exemplos de certificações ambientais na área da construção civil, no primeiro caso é utilizado um sistema de categorias de análise e pontuação levando em conta o impacto gerado ao meio ambiente em consequência dos processos relacionados ao edifício, enquanto o segundo se caracteriza como um processo de gestão do projeto, abordando as diferentes etapas de construção e apresenta 14 categorias distribuídas em quatro bases de ação, sendo elas ecoconstrução, ecogestão, conforto e saúde (ZANGALLI, 2013).

Há também as certificações agrícolas sucroalcooleiras que buscam compensar as perdas de produtividade agrícola e promover o desenvolvimento sustentável, sendo uma estratégia com força e eficiência na correção destes problemas (CONTO; OLIVEIRA; RUPPENTHAL, 2017). O Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola (Imaflora) é responsável pelas auditorias da certificação *Forest Stewardship Council* (FSC), exigindo padrões de gerenciamento do recurso natural de forma a garantir o impacto ambiental negativo mínimo (ARIEDI JUNIOR; MIRANDA, 2014).

A certificação ambiental promovida pelo Instituto Biodinâmico (IBD) dizem respeito à sustentabilidade agrícola, um estudo realizado em uma produção frutífera no Rio Grande do Norte apontou que a certificação garante maior produtividade em relação a produção convencional e os produtores certificados tinham maior capacitação técnica em relação ao produtor convencional (LOURENÇO NETO; OLIVEIRA, 2007).

No âmbito do tratamento de água, não foi encontrado nenhuma referência ou estudo que se propusesse a categorizar, avaliar e classificar práticas ou requisitos de forma que as

concessionárias pudessem implementar ou desenvolver ações que busquem reduzir os impactos ambientais.

5. Metodologia

Para atingir o objetivo de mapear os aspectos e impactos ambientais nos sistemas de abastecimento de água brasileiros foi realizada uma Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) (Apêndice A).

Utilizou-se a base de dados Scopus e a pesquisa de quatro *strings*, restringindo os documentos publicados como artigo ou artigos de conferência, em português, nas áreas de ‘Meio Ambiente’, ‘Negócio’ e ‘Engenharia’. A pesquisa foi realizada no dia 20 de abril de 2020 utilizando as seguintes strings:

- ALL ("aspecto* ambienta*")
- ALL (("aspecto* ambienta*" AND "tratamento de água") OR ("aspecto* ambienta*" AND "ETA"));
- ALL ("aspecto* ambienta*" AND "impacto* ambienta*");
- ALL (("impacto* ambienta*" AND "tratamento de água") OR ("impacto* ambienta*" AND "ETA")).

Para a etapa de execução foram utilizados os critérios de inclusão e exclusão em três passos determinados por:

- Leitura do título, resumo e palavra-chave – documentos que relacionem aspectos e/ou impactos ambientais e tratamento de água para abastecimento;
- Leitura da introdução e conclusão – documentos que apresentem os tópicos de aspecto ambiental/impacto ambiental no sistema de abastecimento de água; e,
- Leitura completa do artigo buscando incluir a indicação de aspectos e/ou impactos ambientais referentes ao tratamento de água para abastecimento nas etapas de operação e manutenção.

As *strings* de busca retornaram 46 artigos, porém apenas sete trabalhos foram identificados como incluídos. Os trabalhos selecionados na primeira e terceira *string* apresentaram critério de exclusão, a segunda *string* não selecionou nenhum trabalho e a quarta *string* foi responsável pela inclusão dos sete trabalhos, entretanto estes se restringiram há um único tema de tratamento, a destinação dos lodos de decantadores, não contemplando a abrangência do Sistema de Abastecimento de Água como um todo. Desta forma, verificou-se que a base de dados não estava direcionada ao propósito deste trabalho.

Para complementar a revisão e busca de dados, utilizou-se a metodologia de *Scoping Review* (Apêndice A).

Este estudo seguiu o roteiro apresentado no apêndice A para a condução da sua metodologia. A questão de pesquisa foi determinada através da contextualização do estudo. A identificação dos estudos relevantes foi feita através de única *string* de pesquisa, na base de dados *Google Scholar* no dia 16 de junho de 2020:

- “Impactos ambientais em estações de tratamento de água para abastecimento”.

Esta busca resultou em uma variedade maior de publicações, que são relevantes no contexto desta pesquisa, como dissertações, teses, Estudos de Impacto Ambiental (EIAs), e relatórios de empresas privadas e públicas que atuam no setor. No total, a pesquisa retornou 51 documentos.

Assim como na revisão sistemática, os critérios de inclusão e exclusão guiaram as decisões do que devem ser inclusos na revisão (PETERS et al., 2015). Desta forma, manteve-se o protocolo de seleção utilizados para a RBS.

O mapeamento dos dados relevantes e a comparação e resumo dos resultados foram realizados em três fases:

- Fase vermelha - registro do título, autor, ano, assunto, tecnologia de tratamento, porte da ETA, estudos *in loco* (se sim, onde), aspectos ambientais abordados, impactos ambientais abordados, metodologia ou tecnologia utilizados, resultados obtidos no estudo;
- Fase amarela - registro das ações mitigadores propostas, potenciais impactos negativos a serem reduzidos e boas práticas identificadas em cada estudo; e,
- Fase verde - registro dos resultados obtidos e classificação das práticas em básicas, intermediárias e avançadas.

Os sete artigos classificados como incluídos na RBS também foram catalogados utilizando este sistema em três fases. Sendo assim, este trabalho analisou 97 documentos. Destes, 58 foram incluídos na fase vermelha, dos quais 42 foram incluídos na fase amarela e verde. Foram encontrados cinco aspectos ambientais distintos, 14 impactos ambientais relacionados a estes aspectos ambientais e 61 práticas sustentáveis.

As práticas sustentáveis foram classificadas em macro categorias, que incluem processos técnicos e funções organizacionais das concessionárias de abastecimento público, sendo eles:

- Captação e água bruta;
- Monitoramento;
- Recursos Humanos;
- Gestão de resíduos do processo de tratamento;
- Processo de coagulação;
- Controle de perdas;

Com o intuito de verificar a sustentabilidade do SAA, estabeleceu-se uma pontuação binária para cada prática, somando-se 1 para as práticas consolidadas pela concessionária e 0 para as práticas não consolidadas, de modo que a própria concessionária possa fazer uma verificação.

Assim, o programa de computador “SAA+Limpo” fornece a somatória da pontuação respondida pela concessionária e a classifica em níveis de sustentabilidade. Para isto, levou-se em consideração as especificidades das práticas, foram estimadas que 30% delas são de fácil aplicabilidade, por isso, foi definido que esta seria a porcentagem mínima para se obter o nível básico de sustentabilidade. Em contra ponto, foram estimadas que 10% das práticas precisam de elaboração e investimento, sendo assim, foi definido que acima de 90% seria a porcentagem para se obter o nível avançado de sustentabilidade, nesta mesma lógica, se estabeleceu o intermédio de 60% a 90% para o nível intermediário de sustentabilidade. Assim, a classificação do nível de sustentabilidade é definida por:

- Nível Básico: Porcentagem da pontuação final entre 30% e 60%;
- Nível Intermediário: Porcentagem da pontuação final maior que 60% e até 90%;
- Nível Avançado: Porcentagem da pontuação final acima de 90%.

Caso a concessionária não pontuar nem 30%, ela não será classificada como sustentável.

6. Resultados e Discussão

6.1. Caracterização do estudo

Dos 42 documentos selecionados, foram extraídas informações acerca do porte, tecnologia, localidade, assunto e ano de publicação dos documentos. A respeito do porte, levou-se em consideração a classificação segundo Barroso et al. (2019), sendo de pequeno porte as estações que tratam até 150 L/s, médio porte as que tratam entre 150 e 500 L/s e de grande porte as estações que tratam vazões maiores que 500 L/s. O *Quadro 3* apresenta os resultados obtidos.

Quadro 3 - Resultados quanto ao porte das Estações de Tratamento de Água

Porte	Quantidade de documentos identificados	Referências
Pequeno	4	FRANCO, 2009; MOREIRA, 2019; PREFEITURA MUNICIPAL DE MORUNGABA, 2015; PRIM, 2011
Médio	5	ASSIS, 2014; OLIVEIRA; BARCELO; COLARES, 2013; PARSEKIAN, 1998; PROSAB, 2001; SKORONSKI et al., 2014
Grande	8	BITTENCOURT et al., 2012; FEITOSA; CONSONI, 2008; FERNANDEZ et al., 2018; FERREIRA FILHO; WAELEKENS, 2009; FREITAS; FERREIRA FILHO; PIVELI, 2005; JANUÁRIO; FERREIRA FILHO, 2007; SABESP, 2011; VANACÔR, 2005
Médio e Grande	3	ACHON; BARROSO; CORDEIRO, 2013; LOPES; LIBÂNIO, 2005; VOTRE, 2014
Pequeno, médio e grande	6	CEDAE, 2017; CACGECE, 2005; CESAN, 2013; CETESB, [s.d.]; PINTO; ISAAC, 2019; SÃO PAULO, 2002
Não informado	16	ACHON; BARROSO; CORDEIRO, 2013; ANDRADE; SILVA; OLIVEIRA, 2014; BUSELATTO et al., 2019; FRANCISCO; POHLMANN; FERREIRA, 2011; GANDIA et al., 2019; KATAYAMA et al., 2015; MENDES; FERREIRA FILHO; SCIAN, 2001; MENEZES, 2019; PIEPER, 2008; PROSAB, 2009; SANTOS; MELO FILHO; MANZATO, 2018; OLIVEIRA, 2017; SILVA; FERNANDES, 2018; SILVA, 2019; SILVEIRA et al., 2015; SOARES; ACHON; MEGDA, 2004
TOTAL	42	

Fonte: A autora

Nota-se que uma quantidade considerável dos documentos não informou o porte da Estação de Tratamento de Água do estudo, por isso não se restringiu a aplicabilidade do presente trabalho.

A respeito das tecnologias encontradas, o *Quadro 4* mostra que a maioria foi de Ciclo Completo, enquanto o restante se divide entre ensaios de bancada (tecnologias e estudos desenvolvidos através de amostras retiradas de sistemas) e softwares de controle de sistema.

Quadro 4 - Resultados quanto as tecnologias utilizadas no Sistemas de Abastecimento de Água

Tecnologia	Quantidade de documentos identificados	Referências
Ciclo Completo	31	ACHON; BARROSO; CORDEIRO, 2013; ANDRADE; SILVA; OLIVEIRA, 2014; ASSIS, 2014; CAGECE, 2005; CEDAE, 2017; CESAN, 2013; CETESB, [s.d.]; FEITOSA; CONSONI, 2008; FERREIRA FILHO; WAELEKENS, 2009; FRANCISCO; POHLMANN; FERREIRA, 2011; KATAYAMA et al., 2015; LOPES; LIBÂNIO, 2005; MENDES; FERREIRAFILHO; SCIAN, 2001; MENEZES, 2019; MOREIRA, 2019; OLIVEIRA, 2017; OLIVEIRA; BARCELO; COLARES, 2013; OLIVEIRA; LOBO, 2010; PARSEKIAN, 1998; PIEPER, 2008; PINTO; ISAAC, 2019; PREFEITURA MUNICIPAL DE MORUNGABA, 2015; PRIM, 2011; PROSAB, 2001; PROSAB, 2009; SABESP, 2011; SÃO PAULO, 2002; SILVA; FERNANDES, 2018; SILVEIRA et al., 2015; SKORONSKI et al., 2014; VANACÔR, 2005
Ensaios de bancada	3	FRANCO, 2009; FREITAS; FERREIRA FILHO; PIVELI, 2005; SILVA, 2019
Software de controle de sistemas	1	VOTRE, 2014
Não informado	7	BITTENCOURT et al., 2012; BUSELATTO et al., 2019; FERNANDEZ et al., 2018; GANDIA et al., 2019; JANUÁRIO; FERREIRA FILHO, 2007; SANTOS; MELO FILHO; MANZATO, 2018; SOARES; ACHON; MEGDA, 2004
TOTAL	42	

Fonte: A autora

A tecnologia de ciclo completo apresenta a maior complexidade nos processos de tratamento, por esta questão, optou-se por manter a abrangência do presente estudo para todas as tecnologias, pois as demais estariam de alguma forma representadas no ciclo completo.

Foram também identificados os documentos que apresentaram algum tipo de parceria ou coletava amostras de um sistema existente, estes casos foram classificados como “Estudos *in loco*”, com o objetivo de identificar a aplicabilidade da tecnologia estudada e o quanto as condições reais de operação estão sendo representadas.

Dos 42 estudos científicos aprovados, foram identificados 33 como “estudos *in loco*”, estes foram localizados afim de encontrar a abrangência territorial desta pesquisa. O Quadro 5 ilustra os resultados.

Quadro 5 - Localidade dos estudos *in loco* identificados neste trabalho

Região	Quantidade de documentos identificados	Referências
Sul	11	BITTENCOURT et al., 2012; BUSELATTO et al., 2019; FRANCISCO; POHLMANN; FERNANDEZ et al., 2018; FERREIRA, 2011; PIEPER, 2008; PRIM, 2011; SKORONSKI et al., 2014; SILVA, 2019; SILVEIRA et al., 2015; VANACÔR, 2005; VOTRE, 2014
Sudeste	17	ACHON; BARROSO; CORDEIRO, 2013; ASSIS, 2014); CEDAE, 2017; FEITOSA; CONSONI, 2008; FERREIRA FILHO; WAELEKENS, 2009; FRANCO, 2009; FREITAS; FERREIRA FILHO; PIVELI, 2005; GANDIA et al., 2019; JANUÁRIO; FERREIRA FILHO, 2007; KATAYAMA et al., 2015; MENDES; FERREIRA FILHO; SCIAN, 2001; MOREIRA, 2019; PARSEKIAN, 1998; PINTO; ISAAC, 2019; PREFEITURA MUNICIPAL DE MORUNGABA, 2015; PROSAB, 2001; SABESP,
Sul e sudeste	1	LOPES; LIBÂNIO, 2005
Nordeste	2	CAGECE, 2005; MENEZES, 2019
Norte	1	SANTOS; MELO FILHO; MANZATO, 2018
Centro Oeste	1	OLIVEIRA; BARCELO; COLARES, 2013
TOTAL	33	

Fonte: A autora

Percebe-se que a maioria dos documentos identificados como estudo de caso são provenientes das regiões Sul e Sudeste. Apesar disso, o conteúdo apresentado nestes documentos não restringe o desenvolvimento do presente trabalho para estas regiões, entende-se que o conteúdo apresentado é aplicável para quaisquer outras regiões do país.

Além disso, os documentos foram classificados de acordo com o tema abordado, levando em consideração a descrição dos objetivos apresentados pelos autores. O Quadro 6 apresenta estes resultados.

Quadro 6- Temas abordados nos documentos estudados

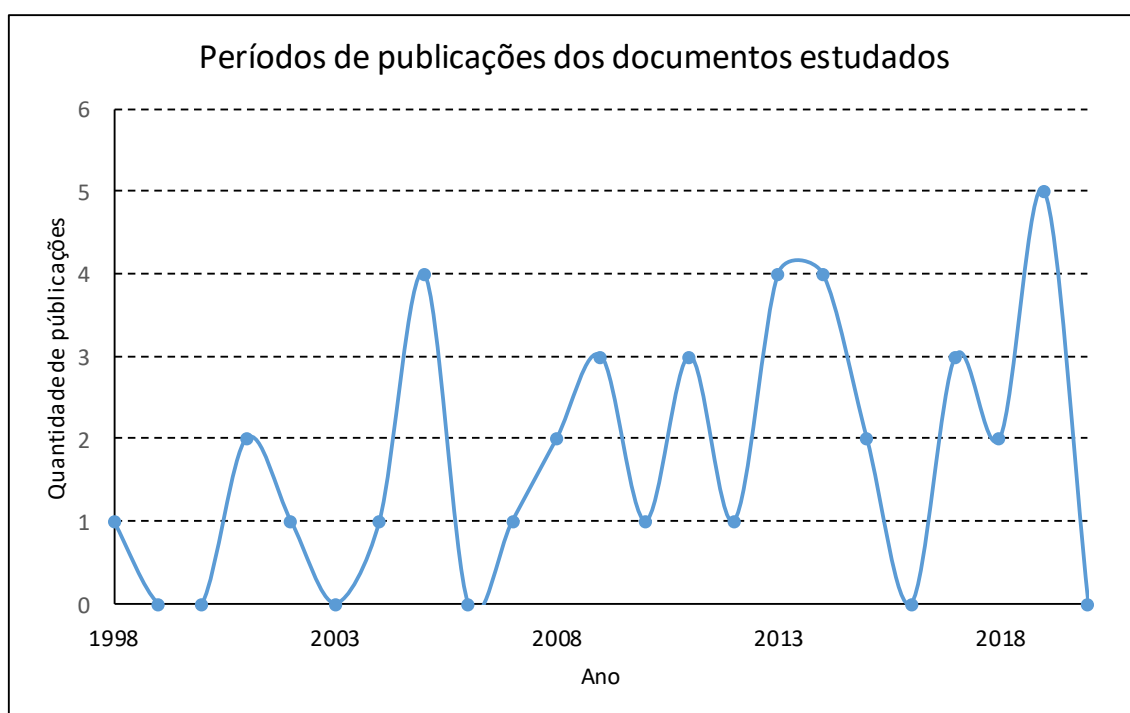
Tema	Quantidade de documentos identificados	Referências
Coagulação	4	FRANCO, 2009; FREITAS; FERREIRA FILHO; PIVELI, 2005; SILVA, 2019; VANACÔR, 2005
Água de lavagem dos filtros	2	ASSIS, 2014; OLIVEIRA; BARCELO; COLARES, 2013
Resíduos sólidos gerados	19	ANDRADE; SILVA; OLIVEIRA, 2014; BITTENCOURT et al., 2012; BUSELATTO et al., 2019; FERNANDEZ et al., 2018; FERREIRA FILHO; WAELEKENS, 2009; GANDIA et al., 2019; JANUÁRIO; FERREIRA FILHO, 2007; KATAYAMA et al., 2015; SANTOS; MELO FILHO; MANZATO, 2018; MENDES; FERREIRA FILHO; SCIAN, 2001; MOREIRA, 2019; OLIVEIRA, 2017; OLIVEIRA; BARCELO; COLARES, 2013; PIEPER, 2008; PRIM, 2011; PROSAB, 2001; SILVA; FERNANDES, 2018; SILVEIRA et al., 2015; SOARES; ACHON; MEGDA, 2004
Legislações (NBR, EIA e RAP)	5	CAGECE, 2005; CEDAE, 2017; PREFEITURA MUNICIPAL DE MORUNGABA, 2015; SABESP, 2011; SÃO PAULO, 2002
Gestão e monitoramento	8	ACHON; BARROSO; CORDEIRO, 2013; CESAN, 2013; CETESB, [s.d.]; FRANCISCO; POHLMANN; FERREIRA, 2011; LOPES; LIBÂNIO, 2005; MENEZES, 2019; OLIVEIRA; LOBO, 2010; VOTRE, 2014
Estudo de caso	3	PARSEKIAN, 1998; PINTO; ISAAC, 2019; SKORONSKI et al., 2014
TOTAL	42	

Fonte: A autora

Percebe-se que grande parte dos documentos estudados abordam o tema de resíduos gerados nos sistemas de abastecimento de água. Ressalta-se que apesar da menor abrangência dos outros temas, eles foram de extrema importância para a identificação de aspectos e impactos ambientais em toda a fase de operação do sistema, desde a captação até a rede de distribuição.

Por fim, foram identificados os anos de publicação dos documentos estudados, exceto por dois documentos em que não foi identificado o ano de publicação. A Figura 5 apresenta estes resultados.

Figura 5 - Períodos de publicações dos documentos estudados



Fonte: A autora

Nota-se o ano com maior quantidade de publicações foi o ano de 2019, seguido dos anos 2014, 2013 e 2005. Portanto, pode-se afirmar que as tecnologias de melhoria ambiental nos SAAs estão sendo desenvolvidas a mais de 20 anos, o que ressalta a importância de implementar práticas sustentáveis nos sistemas de abastecimento de água.

6.2. Aspectos ambientais, impactos ambientais e práticas sustentáveis

Segundo a NBR ISO 14.001 (ABNT, 2015), o aspecto ambiental é definido como ‘elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização, que interage ou pode

interagir com o meio ambiente’ (ABNT, 2015, p. 3). A mesma também define impacto ambiental como sendo a ‘modificação no meio ambiente, tanto adversa como benéfica, total ou parcialmente resultante dos aspectos ambientais’ (ABNT, 2015, p. 3).

Neste sentido, foram identificados os aspectos e impactos ambientais apresentados nos 42 documentos selecionados (Quadro 7 e Quadro 8, respectivamente).

Quadro 7 - Aspectos ambientais identificados

Categoria	Aspectos Ambientais	Referências
Consumo de recursos naturais	Consumo de Energia elétrica	CAGECE, 2005; FEITOSA; CONSONI, 2008; LOPES; LIBÂNIO, 2005; OLIVEIRA; LOBO, 2010; PARSEKIAN, 1998; SABESP, 2011; SAKAMOTO, 2013; SÃO PAULO, 2002; VOTRE, 2014
	Consumo de produtos químicos	ACHON; BARROSO; CORDEIRO, 2013; CEDAE, 2017; CESAN, 2013; FEITOSA; CONSONI, 2008; FRANCISCO; POHLMANN; FERREIRA, 2011; FRANCO, 2009; FREITAS; FERREIRA FILHO; PIVELI, 2005; LOPES; LIBÂNIO, 2005; MENEZES, 2019; OLIVEIRA, 2017; OLIVEIRA; LOBO, 2010; PARSEKIAN, 1998; PINTO; ISAAC, 2019; PREFEITURA MUNICIPAL DE MORUNGABA, 2015; SABESP, 2011; SAKAMOTO, 2013; SÃO PAULO, 2002; SILVA, 2019; SKORONSKI et al., 2014; VANACÔR, 2005
	Comprometimento da disponibilidade do recurso	CEDAE, 2017; CESAN, 2013; FEITOSA; CONSONI, 2008; OLIVEIRA; LOBO, 2010; PREFEITURA MUNICIPAL DE MORUNGABA, 2015; VOTRE, 2014
Degradação ambiental	Geração de resíduos líquidos	ACHON; BARROSO; CORDEIRO, 2013; ASSIS, 2014; CAGECE, 2005; CEDAE, 2017; CESAN, 2013; LOPES; LIBÂNIO, 2005; MENEZES, 2019; OLIVEIRA; BARCELO; COLARES, 2013; OLIVEIRA; LOBO, 2010; PARSEKIAN, 1998; SABESP, 2011; SAKAMOTO, 2013; SÃO PAULO, 2002; VOTRE, 2014
	Geração de resíduos sólidos	ANDRADE; SILVA; OLIVEIRA, 2014; ASSIS, 2014; BITTENCOURT et al., 2012; BUSELATTO et al., 2019; CAGECE, 2005; CEDAE, 2017; CESAN, 2013; FEITOSA; CONSONI, 2008; FERNANDEZ et al., 2018; FERREIRA FILHO; WAELEKENS, 2009; FRANCO, 2009; FREITAS; FERREIRA FILHO; PIVELI, 2005; GANDIA et al., 2019; JANUÁRIO; FERREIRA FILHO, 2007; KATAYAMA et al., 2015; LOPES; LIBÂNIO, 2005; MENDES; FERREIRA FILHO; SCIAN, 2001; MENEZES, 2019; MOREIRA, 2019; OLIVEIRA, 2017; OLIVEIRA; LOBO, 2010; PARSEKIAN, 1998; PIEPER, 2008; PINTO; ISAAC, 2019; PRIM, 2011; SABESP, 2011; SAKAMOTO, 2013; SANTOS; FILHO; MANZATO, 2018; SÃO PAULO, 2002; SILVA; FERNANDES, 2018; SILVEIRA et al., 2015; SKORONSKI et al., 2014; SOARES; ACHON; MEGDA, 2004; VOTRE, 2014
	Geração de outros resíduos	OLIVEIRA; LOBO, 2010
	Troca de areia dos filtros	OLIVEIRA; LOBO, 2010
	Vazamento de gás Cloro	OLIVEIRA; LOBO, 2010

Fonte: A autora

Quadro 8 - Impactos ambientais identificados

Aspectos Ambientais	Impactos ambientais	Referências
Consumo de Energia elétrica	Redução da disponibilidade elétrica para outros serviços	CAGECE, 2005; FEITOSA; CONSONI, 2008; LOPES; LIBÂNIO, 2005; OLIVEIRA; LOBO, 2010; PARSEKIAN, 1998; SABESP, 2011; SAKAMOTO, 2013; SÃO PAULO, 2002; VOTRE, 2014
	Impactos ambientais relacionados à produção, transmissão e distribuição de energia elétrica	
Consumo de produtos químicos	Impactos relacionados à fabricação de Produtos químicos	ACHON; BARROSO; CORDEIRO, 2013; CAGECE, 2005; CESAN, 2013; FEITOSA; CONSONI, 2008; FRANCISCO; POHLMANN; FERREIRA, 2011; FREITAS; FERREIRA FILHO; PIVELI, 2005; LOPES; LIBÂNIO, 2005; MENEZES, 2019; OLIVEIRA, 2017; OLIVEIRA; LOBO, 2010; PARSEKIAN, 1998; PINTO; ISAAC, 2019; SABESP, 2011; SAKAMOTO, 2013; SÃO PAULO, 2002; SILVA, 2019; SKORONSKI et al., 2014; VANACÔR, 2005
	Riscos de poluição e contaminação dos solos, das águas superficiais e subterrâneas decorrentes de possíveis acidentes durante o inadequado manuseio e/ou armazenamento	
Desperdício de recursos naturais	Redução da disponibilidade hídrica para outros usos	CEDAE, 2017; CESAN, 2013; FEITOSA; CONSONI, 2008; OLIVEIRA; LOBO, 2010; PREFEITURA MUNICIPAL DE MORUNGABA, 2015; VOTRE, 2014
Geração de resíduos líquidos	Riscos de poluição/ contaminação dos solos e das águas superficiais e subterrâneas	ACHON; BARROSO; CORDEIRO, 2013; ASSIS, 2014; CAGECE, 2005; CEDAE, 2017; CESAN, 2013; LOPES; LIBÂNIO, 2005; MENEZES, 2019; OLIVEIRA; BARCELO; COLARES, 2013; OLIVEIRA; LOBO, 2010; PARSEKIAN, 1998; SABESP, 2011; SAKAMOTO, 2013; SÃO PAULO, 2002; VOTRE, 2014
	Riscos à saúde pública e à comunidade aquática	

Fonte: A autora

Quadro 8 - Impactos ambientais identificados (continuação)

Aspectos Ambientais	Impactos ambientais	Referências
Geração de resíduos sólidos	Riscos de poluição/ contaminação dos solos e das águas superficiais e subterrâneas	ANDRADE; SILVA; OLIVEIRA, 2014; ASSIS, 2014; BITTENCOURT et al., 2012; BUSELATTO et al., 2019; CAGECE, 2005; CEDAE, 2017; CESAN, 2013; FEITOSA; CONSONI, 2008; FERNANDEZ et al., 2018; FERREIRA FILHO; WAELEKENS, 2009; FRANCO, 2009; FREITAS; FERREIRA FILHO; PIVELI, 2005; GANDIA et al., 2019; JANUÁRIO; FILHO, 2007; KATAYAMA et al., 2015; LOPES; LIBÂNIO, 2005; MENDES; FILHO; SCIAN, 2001; MENEZES, 2019; MOREIRA, 2019; OLIVEIRA; LOBO, 2010; OLIVEIRA, 2017; PARSEKIAN, 1998; PIEPER, 2008; PINTO; ISAAC, 2019; PRIM, 2011; SABESP, 2011; SAKAMOTO, 2013; SÃO PAULO, 2002; SANTOS; MELO FILHO; MANZATO, 2018; SILVA; FERNANDES, 2018; SILVEIRA et al., 2015; SKORONSKI et al., 2014; SOARES; ACHON; MEGDA, 2004; VOTRE, 2014
	Riscos à saúde pública, à fauna e flora	
Geração de outros resíduos	Riscos de poluição/ contaminação do ar	OLIVEIRA; LOBO, 2010
	Riscos de poluição sonora	
Troca de areia dos filtros	Alteração da paisagem	OLIVEIRA; LOBO, 2010
Vazamento de gás Cloro	Risco de incêndio	OLIVEIRA; LOBO, 2010

Fonte: A autora

Dos documentos selecionados, buscou-se identificar os métodos utilizados pelos autores, a fim de elencar as tecnologias e estudos de casos aplicáveis, que podem reduzir os impactos ambientais gerados e também as ações mitigadoras envolvidas (Apêndice B).

Por fim, foram classificadas como práticas sustentáveis as etapas envolvidas para a implementação da ação mitigadora. Por exemplo, uma ação mitigadora identificada foi o ‘controle da pressão na rede’, que contribui para diminuição do impacto ambiental ‘redução da disponibilidade hídrica para outros usos’ relacionado com o ‘desperdício de recursos naturais’ (aspecto ambiental), e para isso foram selecionadas as práticas sustentáveis para

implementar essa ação mitigadora: ter uma equipe de monitoramento de vazamentos na rede e ter o modelo hidráulico do cadastro técnico.

Os resultados são apresentados no Quadro 9.

Quadro 9 – Relação entre a ação mitigadora identificada, o possível impacto ambiental reduzido e as práticas para adquirir a ação mitigadora

Autor	Ano	Ações mitigadoras	Impacto mitigado	Práticas sustentáveis
VANACÔR, R. N.	2005	Uso de coagulantes orgânicos	Impactos relacionados à fabricação de Produtos químicos; Riscos de poluição e contaminação dos solos, das águas superficiais e subterrâneas decorrentes de possíveis acidentes durante o inadequado manuseio e/ou armazenamento	Realizar estudos da água bruta; Capacitar técnicos operacionais; Realizar ensaios regulares de Jartest; Utilizar coagulantes orgânicos
SILVA, I. R. G.	2019	Uso de coagulantes orgânicos	Impactos relacionados à fabricação de Produtos químicos; Riscos de poluição e contaminação dos solos, das águas superficiais e subterrâneas decorrentes de possíveis acidentes durante o inadequado manuseio e/ou armazenamento	Realizar estudos da água bruta; Capacitar técnicos operacionais; Realizar ensaios regulares de Jartest; Utilizar coagulantes orgânicos
FREITAS, J. G. et al	2005	Recuperação do coagulante	Impactos relacionados à fabricação de Produtos químicos; Riscos de poluição e contaminação dos solos, das águas superficiais e subterrâneas decorrentes de possíveis acidentes durante o inadequado manuseio e/ou armazenamento	Realizar estudos da água bruta; Cooperar com Estações de Tratamento de Esgoto para recuperação de coagulantes; Cooperar com Indústrias de extração de Bauxita
FRANCO, E. S.	2009	Gestão de dosagem	Impactos relacionados à fabricação de Produtos químicos; Riscos de poluição e contaminação dos solos, das águas superficiais e subterrâneas decorrentes de possíveis acidentes durante o inadequado manuseio e/ou armazenamento	Realizar estudos da água bruta; Realizar ensaios regulares de Jartest
SKORONSKI, R. et all	2014	Gestão de dosagem Uso de coagulante orgânico	Impactos relacionados à fabricação de Produtos químicos; Riscos de poluição e contaminação dos solos, das águas superficiais e subterrâneas decorrentes de possíveis acidentes durante o inadequado manuseio e/ou armazenamento	Avaliar parâmetros para aplicabilidade do coagulante orgânico; Realizar ensaios de toxicidade do efluente

Fonte: A autora

Quadro 10 – Relação entre a ação mitigadora identificada, o possível impacto ambiental reduzido e as práticas para adquirir a ação mitigadora (continuação)

Autor	Ano	Ações mitigadoras	Impacto mitigado	Práticas sustentáveis
FRANCCISCO, A. A.; POHLMANN, P.H. M.; FERREIRA, M.A.	2011	Indicadores de eficiência	Impactos relacionados à fabricação de Produtos químicos; Riscos de poluição e contaminação dos solos, das águas superficiais e subterrâneas decorrentes de possíveis acidentes durante o inadequado manuseio e/ou armazenamento	Realizar estudos da Água Bruta (eliminar e monitorar os fatores que influenciam a eficiência)
ACHON, C. L.; BARROSO, M.M.; CORDEIRO, J.S.	2013	Alternativas de descarte dos resíduos; Conhecimento das características físicas, químicas e biológicas dos lodos; Condições operacionais do sistema; Condições e periodicidade das limpezas de filtros e decantadores;	Impactos relacionados à fabricação de Produtos químicos; Riscos de poluição e contaminação dos solos, das águas superficiais e subterrâneas decorrentes de possíveis acidentes durante o inadequado manuseio e/ou armazenamento	Realizar estudos da água bruta; Realizar ensaios regulares de Jarrest; Caracterizar o lodo dos decantadores e filtros; Desenvolver estratégias de limpeza dos decantadores
OLIVEIRA, F.S.; LOBO, M.G.	2010	Monitoramento do sistema	Diminuição dos riscos de contaminação; Diminuição dos riscos de incêndios;	Caracterizar os resíduos dos decantadores e filtros; Possuir controle de vazamento de cloro; Realizar ensaios de toxicidade do efluente; Estudar o enquadramento e classificação dos cursos d'água;
LOPES, V.C.; LIBANIO, M.	2005	Monitoramento do sistema	Diminuição dos riscos de contaminação; Aumento da eficiência da ETA	Controlar os parâmetros de monitoramento para Mistura rápida, Flocculação, Decantação, Filtração, Desinfecção e Operação
CESAN	2013	Monitoramento do sistema	Riscos de poluição/ contaminação dos solos e das águas superficiais e subterrâneas; Riscos à saúde pública, à fauna e flora; Riscos à saúde pública e à comunidade aquática	Realizar ensaios regulares de Jarrest; Caracterizar o lodo dos decantadores e a água de lavagem dos filtros

Fonte: A autora

Quadro 11 – Relação entre a ação mitigadora identificada, o possível impacto ambiental reduzido e as práticas para adquirir a ação mitigadora (continuação)

Autor	Ano	Ações mitigadoras	Impacto mitigado	Práticas sustentáveis
CETESB		Monitoramento do sistema	Diminuição do risco de contaminação dos mananciais e água bruta captada;	Caracterizar a água bruta (parâmetros físicos, químicos e hidro biológicos); Controlar e conhecer as atividades industriais e uso agrícola intenso na bacia de captação; Desenvolver um plano de inspeção e manutenção; Desenvolver um plano de monitoramento da qualidade da água bruta e tratada; Caracterizar qualitativamente e quantitativamente o lodo proveniente dos decantadores; Planejar a disposição final do lodo
CEDAE	2017	Incorporação do lodo de ETA (25%) com lodo de ETE (75%) para produção de adubo; Controle das pressões na rede;	Diminuição dos riscos de contaminação; Diminuição dos riscos de incêndios; Diminuição do desperdício; Diminuição dos resíduos sólidos;	Reaproveitar o lodo; Possuir um sistema integrado de gestão de perdas; Possuir Distritos de Medição e Controle; Substituir regularmente os hidrômetros; Realizar o Cálculo do balanço hídrico; Possuir uma equipe de monitoramento de vazamentos; Substituir o cloro gás por hipoclorito de cálcio;
PREFEITURA MUNICIPAL DE MORUNGABA	2013	Controle das pressões na rede; Macromedição e pitometria; Modelação hidráulica;	Diminuição do desperdício; Diminuição da demanda de consumo de recursos hídricos;	Possuir uma equipe de monitoramento de vazamentos; Substituir regularmente os hidrômetros; Realizar o dimensionamento adequado dos hidrômetros; Realizar a gestão do índice de hidrometração e vazão (pitometria); Possuir Distritos de Medição e Controle; Possuir o modelo hidráulico do cadastro técnico;
CAGECE	2005	Acompanhamento dos processos operacionais; Estudos de infraestrutura na rede; Manutenção dos maquinários; Planejamento de estocagem; Normas de segurança do trabalho; Capacitação dos operadores; Acompanhamento jurídico dos processos de licenciamento;	Diminuição dos riscos de acidentes; Diminuição do ruído; Diminuição dos riscos de contaminação; Diminuição do desperdício; Diminuição da demanda de consumo de recursos hídricos;	Capacitar técnicos operacionais; Realizar estudos de infraestrutura; Fazer a manutenção dos maquinários; Realizar a gestão de armazenamento de produtos químicos; Possuir as medidas adequadas de Segurança do Trabalho; Regularizar as licenças ambientais.

Fonte: A autora

Quadro 12 – Relação entre a ação mitigadora identificada, o possível impacto ambiental reduzido e as práticas para adquirir a ação mitigadora (continuação)

Autor	Ano	Ações mitigadoras	Impacto mitigado	Práticas sustentáveis
VOTRE, R.	2014	Controle das pressões na rede; Macromedição e pitometria; Modelação hidráulica;	Diminuição do desperdício; Diminuição da demanda de consumo de recursos hídricos;	Possuir uma equipe de monitoramento de vazamentos; Substituir regularmente os hidrômetros; Realizar o dimensionamento adequado dos hidrômetros; Realizar a gestão do índice de hidrometração e vazão (pitometria); Possuir Distritos de Medição e Controle; Possuir o modelo hidráulico do cadastro técnico;
JANUÁRIO, G. F.; FERREIRA FILHO, S. S.	2007	Caracterização do lodo; Estudo das disposições possíveis;	Redução dos riscos de contaminação; Riscos de poluição/ contaminação dos solos e das águas superficiais e subterrâneas	Caracterizar o lodo; Planejar a disposição final do lodo (Aterros, agricultura, material cerâmico, ETE, incineração e recuperação de coagulante)
BITTENCOURT, S. et al	2012	Caracterização do lodo do decantador para possível aplicabilidade no solo;	Redução dos riscos de contaminação	Caracterizar o lodo: possível descarte sustentável "Aplicação controlada no solo" - Viabilização de descarte em solos degradados
BUSELATTO, D. M. et al	2019	Caracterização do lodo do decantador para possível aplicabilidade na construção civil;	Redução dos riscos de contaminação; Redução do consumo de recursos naturais;	Caracterizar o lodo: possível descarte sustentável "Aplicação no cimento" - Viabilização de descarte aplicado ao cimento em proporção de 5%
SANTOS, G. Z. B.; MELO FILHO, J. A. M.; MANZATO, L.	2018	Caracterização do lodo do decantador para possível aplicabilidade na construção civil;	Redução dos riscos de contaminação; Redução do consumo de recursos naturais;	Caracterizar o lodo: possível descarte sustentável "Aplicação no cimento, cerâmicas e argamassas" - A partir do devido beneficiamento
FERNANDEZ, L. P. et al	2018	Caracterização do lodo do decantador para possível aplicabilidade na construção civil;	Redução dos riscos de contaminação; Redução do consumo de recursos naturais;	Caracterizar o lodo: possível descarte sustentável "Aplicação na fabricação de concreto para pavimento intertravado" - A partir da centrifugação e teor máximo de 5%
GANDIA, R. M. et al	2019	Caracterização do lodo do decantador para possível aplicabilidade na construção civil;	Redução dos riscos de contaminação; Redução do consumo de recursos naturais;	Caracterizar o lodo: possível descarte sustentável "Aplicação na fabricação de adobe" - Teor máximo de 3% em massa

Fonte: A autora

Quadro 13 – Relação entre a ação mitigadora identificada, o possível impacto ambiental reduzido e as práticas para adquirir a ação mitigadora (continuação)

Autor	Ano	Ações mitigadoras	Impacto mitigado	Práticas sustentáveis
SILVA, S. M. C. P.; FERNANDES, F.		Caracterização do lodo do decantador para possível aplicabilidade no solo;	Redução dos riscos de contaminação;	Caracterizar o lodo: possível descarte sustentável "Aplicação na compostagem" - Viável perante desidratação prévia
SILVEIRA, C. et all	2015	Equipamento de drenagem e secagem do lodo;	Reaproveitamento da água drenada para tratamento e distribuição; Redução dos riscos de contaminação;	Caracterizar o lodo: possível descarte sustentável "Manta geotêxtil - leito de drenagem/secagem"
PIEPER, K. M. C.	2008	Tanque de equalização; Bags geotêxtis; Tratamento da água drenada;	Reaproveitamento da água drenada para tratamento e distribuição; Redução dos riscos de contaminação;	Caracterizar o lodo: possível descarte sustentável "Equalização do lodo e Bag - Manta geotêxtil"
MENDES, R. L.; FERREIRA, S. S.; SCIAN, J. B.	2001	Utilização de Filtro prensa	Redução dos riscos de contaminação;	Caracterizar o lodo: possível descarte sustentável "Filtro prensa"
PRIM, E. C. C.	2011	Cobertura de aterros	Redução dos riscos de contaminação;	Descartar o lodo em aterro sanitário
PROSAB	2001	Leitos de secagem; Aplicação da construção civil	Redução dos riscos de contaminação; Aumento da disponibilidade de matéria prima e recursos naturais;	Caracterizar o lodo: possível descarte sustentável "Leitos de secagem" "Aplicação da construção civil"
SOARES, L. V.; ACHON, C. L.; MEGDA, C. R.	2004	Fabricação de cimento, tijolo, solo comercial, resíduos da construção civil em lodos de ETAs, melhoria da sedimentabilidade em águas de baixas turbidez, cultivo de gramas, plantação de cítricos, disposição em aterro sanitário, disposição com biossólidos, incineração dos resíduos, disposição em ETE e pleno conhecimento dos aspectos legais	Redução dos riscos de contaminação; Aumento da disponibilidade de matéria prima e recursos naturais;	Caracterizar e quantificar o lodo

Fonte: A autora

Quadro 14 – Relação entre a ação mitigadora identificada, o possível impacto ambiental reduzido e as práticas para adquirir a ação mitigadora (continuação)

Autor	Ano	Ações mitigadoras	Impacto mitigado	Práticas sustentáveis
MOREIRA, B. S.	2019	Aplicação no tratamento de efluentes industriais (baixo pH e alta concentração de metais)	Redução dos riscos de contaminação;	Caracterizar e quantificar o lodo Realizar estudos para utilização em adsorção de arsênio
FERREIRA FILHO, S. S.; WAELKENS, D. E.	2009	Encaminhamento do lodo para a ETE	Redução dos riscos de contaminação;	Caracterizar e quantificar o lodo Realizar estudos para tratamento em ETE
KATAYAMA, V. T. et al	2015	Quantificação do lodo por balanço de massa	Redução dos riscos de contaminação;	Quantificar o lodo
FEITOSA, C. A. G.; CONSONI, A. J.	2008	Controle da água bruta; Gestão de recursos hídricos; Estudo hidráulico; Redução de perdas; Uso Racional; Recuperação do coagulante	Risco de contaminação; Diminuição do consumo de recursos naturais; Diminuição de PQ; Redução de gastos com energia; Redução do consumo de água dentro da ETA;	Caracterizar a água bruta; Possuir gestão de recursos hídricos - zoneamento e ocupação da bacia Realizar a verificação hidráulica da geometria do canal de chegada, dos canais de floculação e a forma de lançamento do coagulante; Realizar estudos para redução de perdas; Utilizar racionalmente a água; Reaproveitar a água de lavagem dos filtros; Recuperar o coagulante
OLIVEIRA, I. Y. Q.	2017	Controle e monitoramento dos recursos hídricos	Redução do risco de contaminação; Redução do consumo de PQ;	Caracterizar da água bruta; Monitorar o uso e ocupação da bacia; Avaliar a geração de resíduos na escolha de futuros mananciais; Possuir programas e ações de proteção dos mananciais;
ANDRADE, C. F.; SILVA, C. M.; OLIVEIRA, F. C.	2014	Disposição adequada dos resíduos	Redução do risco de contaminação; Redução do consumo de PQ;	Realizar estudos dos impactos ambientais gerados

Fonte: A autora

Quadro 15 – Relação entre a ação mitigadora identificada, o possível impacto ambiental reduzido e as práticas para adquirir a ação mitigadora (continuação)

Autor	Ano	Ações mitigadoras	Impacto mitigado	Práticas sustentáveis
PINTO, A. G.; ISAAC, R. L.	2019	Controle e redução de perdas no sistema; Devido acompanhamento dos dados	Redução do consumo de energia elétrica; Redução do consumo de recursos naturais;	Caracterizar a água bruta, tratada e no tratamento; Desenvolver um plano de emergência para utilização de Cloro gás
ASSIS, L. R.	2014	Caracterização do lodo e da água de lavagem dos filtros	Redução dos riscos de contaminação;	Caracterizar o lodo Caracterizar a água de lavagem dos filtros
VANACÔR, R. N.	2005	Uso de ar no retro lavagem dos filtros	Diminuição do consumo de recursos hídricos Diminuição do risco de contaminação da fauna e flora	Utilizar ar e água na lavagem dos filtros
OLIVEIRA, C. A.; BARCELO, W. F.; COLARES, C. J. G.	2013	Equalização da água de lavagem dos filtros e reaproveitamento no sistema	Redução dos riscos de contaminação; Diminuição da vazão de captação de água bruta	Caracterizar a água de lavagem dos filtros Equalizar a água de lavagem dos filtros
PARSEKIAN, M. P. S.	1998	Capacitação dos operadores; Programa de gerenciamento de pessoas; Programas e ações de proteção dos mananciais; Localização segura do sistema de captação - Longe de rodovias; Controle de qualidade dos Produtos Químicos; Controle de perdas; Infraestrutura laboratorial para ensaios	Redução da disponibilidade elétrica para outros usos; Impactos ambientais relacionados à produção, transmissão e distribuição de energia elétrica; Riscos de poluição e contaminação dos solos, das águas superficiais e subterrâneas decorrentes de possíveis acidentes durante o inadequado manuseio e/ou armazenamento; Riscos de poluição/contaminação dos solos e das águas superficiais e subterrâneas; Riscos à saúde pública e à comunidade aquática; Riscos à saúde pública, à fauna e flora; Alteração da paisagem; Comprometimento da disponibilidade do recurso; Redução da disponibilidade hídrica para outros usos.	Capacitar devidamente os operadores; Possuir um controle de gastos com energia elétrica; Possuir um banco de dados para fins de planejamento; possuir controle operacional do sistema; monitorar a água bruta, tratada e no tratamento; possuir as medidas adequadas de Segurança do Trabalho; possuir um programa de gerenciamento de pessoas; Operar dentro da vazão nominal de projeto; Possuir controle de qualidade dos produtos químicos; Possuir adequada infraestrutura laboratorial para ensaios; Realizar estudos de infraestrutura do sistema; estar com o processo de operação da lavagem dos filtros otimizado; Possuir localização segura do sistema de captação; Controlar a qualidade da água utilizada na água de lavagem dos filtros, decantadores e descargas de decantação; Controlar as perdas na operação

Fonte: A autora

Quadro 16 – Relação entre a ação mitigadora identificada, o possível impacto ambiental reduzido e as práticas para adquirir a ação mitigadora (continuação)

Autor	Ano	Ações mitigadoras	Impacto mitigado	Práticas sustentáveis
ENCIBRA/SABESP	2011	O desperdício de água leva ao desperdício de energia, as atividades implementadas para economizar água e energia podem ter um impacto maior se planejadas conjuntamente.	Riscos de poluição e contaminação dos solos, das águas superficiais e subterrâneas decorrentes de possíveis acidentes durante o inadequado manuseio e/ou armazenamento; Riscos de poluição/contaminação dos solos e das águas superficiais e subterrâneas; Riscos à saúde pública e à comunidade aquática; Riscos à saúde pública, à fauna e flora; Alteração da paisagem; Comprometimento da disponibilidade do recurso; Redução da disponibilidade hídrica para outros usos.	Utilizar válvulas de estrangulamento; reduzir os gastos com as estações de bombeamento (Planejamento do sistema de reservação); controlar a pressão, vazamentos e reabilitar a infraestrutura dos sistemas; Substituição regular de hidrômetros; Dimensionamento adequado dos hidrômetros; Gestão do índice de hidrometração e vazão (pitometria); Implementar leituras eletrônicas nas medições; Conscientizar a população no combate às fraudes; Ajustar os equipamentos diminuindo a potência dos mesmos; Possuir controle operacional do sistema; Realizar limpeza regular do sistema de captação (caixas de areia); Possuir controle operacional do sistema; Possuir programas institucionais do setor de saneamento (PMSS, SNIS, COM+AGUA, RECESA, PNCDA, PROCEL SENEAR)

Fonte: A autora

6.3. Classificação das práticas sustentáveis

As 61 práticas sustentáveis identificadas foram classificadas em diferentes categorias, com o intuito de direcionar a identificação das mesmas pelas concessionárias. O Quadro 17 apresenta estes resultados.

Quadro 17 – Práticas sustentáveis e categorias de classificação

Categoria	Prática sustentável	Referências
Recursos humanos	Possuir um programa de gerenciamento de pessoas	PARSEKIAN, 1998
	Capacitar técnicos operacionais	CAGECE, 2005; PARSEKIAN, 1998; SILVA, 2019; VANACÔR, 2005
	Possuir as medidas adequadas de Segurança do Trabalho	CAGECE, 2005; PARSEKIAN, 1998
Monitoramento	Possuir controle de vazamento de cloro gás	OLIVEIRA; LOBO, 2010
	Desenvolver um plano de monitoramento da qualidade da água tratada	CETESB, [s.d.]; PARSEKIAN, 1998; PINTO; ISAAC, 2019
	Realizar estudos de infraestrutura do sistema	CAGECE, 2005; FEITOSA; CONSONI, 2008; PARSEKIAN, 1998; SABESP, 2011
	Realizar a manutenções dos maquinários	CAGECE, 2005; PARSEKIAN, 1998
	Realizar a gestão de armazenamento de produtos químicos	CAGECE, 2005; PARSEKIAN, 1998
	Realizar ensaios de toxicidade do efluente	OLIVEIRA; LOBO, 2010; SKORONSKI et al., 2014
	Controlar os parâmetros de monitoramento para Mistura rápida, Floculação, Decantação, Filtração, Desinfecção e Operação (Padronizar os procedimentos operacionais)	LOPES; LIBÂNIO, 2005; PARSEKIAN, 1998; PINTO; ISAAC, 2019
	Desenvolver um plano de inspeção e manutenção do sistema de operação	CETESB, [s.d.]
	Realizar estudos dos impactos ambientais gerados na operação	ANDRADE; SILVA; OLIVEIRA, 2014
	Desenvolver um plano de contingência e emergência do Cloro gás	PINTO; ISAAC, 2019
	Operar dentro da vazão nominal de projeto	PARSEKIAN, 1998

Fonte: A autora

Quadro 18 – Práticas sustentáveis e categorias de classificação (continuação)

Categoria	Prática sustentável	Referências
Monitoramento	Possuir um banco de dados para fins de planejamento	PARSEKIAN, 1998
	Possuir controle operacional do sistema	PARSEKIAN, 1998; SABESP, 2011
	Possuir programas institucionais do setor de saneamento (PMSS, SNIS, COM+ÁGUA, RECESA, PNCDA, PROCEL SENEAR)	SABESP, 2011
	Regularizar as licenças ambientais	CAGECE, 2005
	Planejar o sistema de reservação	SABESP, 2011
	Caracterizar a água durante o tratamento e a tratada	PINTO, A. G.; ISAAC, R. L., 2019; CETESB [s.d.]
	Substituir o cloro gás por hipoclorito de cálcio em tabletes	CEDAE, 2017
Processo de coagulação	Realizar ensaios regulares de Jarrest;	ACHON; BARROSO; CORDEIRO, 2013; FRANCO, 2009; PARSEKIAN, 1998; SILVA, 2019; VANACÔR, 2005
	Utilizar coagulantes orgânicos	VANACÔR, 2005; SILVA, 2019; SKORONSKI et al., 2014
	Recuperar coagulantes	ANDRADE; SILVA; OLIVEIRA, 2014; FEITOSA; CONSONI, 2008; FREITAS; FERREIRA FILHO; PIVELI, 2005; JANUÁRIO; FILHO, 2007
Resíduos	Caracterizar os resíduos dos decantadores (quantitativamente e qualitativamente)	ACHON; BARROSO; CORDEIRO, 2013; ASSIS, 2014; BITTENCOURT et al., 2012; BUSELATTO et al., 2019; FERNANDEZ et al., 2018; (GANDIA et al., 2019; FERREIRA FILHO; WAELEKENS, 2009; JANUÁRIO; FERREIRA FILHO, 2007; KATAYAMA et al., 2015; MENDES; FILHO; SCIAN, 2001; MOREIRA, 2019; OLIVEIRA; LOBO, 2010; PIEPER, 2008; PRIM, 2011; PROSAB, 2001; SANTOS; MELO FILHO; MANZATO, 2018; SILVA; FERNANDES, 2018; SILVEIRA et al., 2015; SOARES; ACHON; MEGDA, 2004; TAKENAKA; CRUZ; CRUZ, 2015

Fonte: A autora

Quadro 19 – Práticas sustentáveis e categorias de classificação (continuação)

Categoria	Prática sustentável	Referências
Resíduos	Caracterizar a água de lavagem dos filtros	ACHON; BARROSO; CORDEIRO, 2013; ASSIS, 2014; OLIVEIRA; BARCELO; COLARES, 2013; OLIVEIRA; LOBO, 2010; PIEPER, 2008
	Equalizar a água de lavagem dos filtros	OLIVEIRA; BARCELO; COLARES, 2013
	Reaproveitar a água de lavagem dos filtros	FEITOSA; CONSONI, 2008
	Desenvolver estratégias de limpeza dos decantadores	ACHON; BARROSO; CORDEIRO, 2013; PARSEKIAN, 1998
	Planejar a disposição final do lodo	JANUÁRIO; FERREIRA FILHO, 2007; PRIM, 2011
	Estudar os possíveis descartes sustentáveis para o lodo (Aterros, agricultura, material cerâmico, ETE, equalização, bag geotêxtil, incineração e recuperação do coagulante)	ANDRADE; SILVA; OLIVEIRA, 2014; FERREIRA FILHO; WAELEKENS, 2009; JANUÁRIO; FERREIRA FILHO, 2007; MENDES; FERREIRA FILHO; SCIAN, 2001; PIEPER, 2008; PROSAB, 2001; SILVEIRA et al., 2015
	Reaproveitar o lodo dos decantadores (agricultura, solo, construção civil, compostagem, adsorção de arsênio)	ANDRADE; SILVA; OLIVEIRA, 2014; BITTENCOURT et al., 2012; BUSELATTO et al., 2019; CEDAE, 2017; FERNANDEZ et al., 2018; GANDIA et al., 2019; JANUÁRIO; FERREIRA FILHO, 2007; MOREIRA, 2019; PROSAB, 2001; SANTOS; MELO FILHO; MANZATO, 2018; SILVA; FERNANDES, 2018
	Estar com o processo de operação da lavagem dos filtros otimizado	PARSEKIAN, 1998
	Utilizar água e ar na lavagem dos filtros	VANACÔR, 2005
Captação e água bruta	Possuir localização segura do sistema de captação (longe de rodovias)	PARSEKIAN, 1998
	Realizar limpeza regular no sistema de captação (caixa de areia)	PARSEKIAN, 1998

Fonte: A autora

Quadro 20 – Práticas sustentáveis e categorias de classificação (continuação)

Categoria	Prática sustentável	Referências
Captação e água bruta	Caracterizar a água bruta (parâmetros físicos, químicos e hidro biológicos)	ACHON; BARROSO; CORDEIRO, 2013; CETESB, [s.d.]; FEITOSA; CONSONI, 2008; FRANCISCO; POHLMANN; FERREIRA, 2011; FRANCO, 2009; FREITAS; FERREIRA FILHO; PIVELI, 2005; OLIVEIRA, 2017; PARSEKIAN, 1998; PIEPER, 2008; PINTO; ISAAC, 2019; SILVA, 2019; SOARES; ACHON; MEGDA, 2004; VANACÔR, 2005
	Estudar o enquadramento e classificação dos cursos d'água	OLIVEIRA; LOBO, 2010
	Possuir programas e ações de proteção dos mananciais	OLIVEIRA, 2017; PARSEKIAN, 1998
	Avaliar a geração de resíduos na escolha de futuros mananciais	OLIVEIRA, 2017
	Possuir gestão de recursos hídricos (zoneamento e ocupação da bacia)	FEITOSA; CONSONI, 2008; OLIVEIRA, 2017
	Controlar e conhecer as atividades industriais e uso agrícola intenso na bacia de captação	CETESB, [s.d.]
Controle de Perdas	Possuir uma equipe de monitoramento de vazamentos	CEDAE, 2017; PARSEKIAN, 1998; PREFEITURA MUNICIPAL DE MORUNGABA, 2015; SABESP, 2011; VOTRE, 2014
	Conscientizar a população do uso racional da água	FEITOSA; CONSONI, 2008
	Substituir regularmente os hidrômetros	CEDAE, 2017; PREFEITURA MUNICIPAL DE MORUNGABA, 2015; SABESP, 2011; VOTRE, 2014
	Possuir Distritos de Medição e Controle	CEDAE, 2017; PREFEITURA MUNICIPAL DE MORUNGABA, 2015; VOTRE, 2014
	Realizar o Cálculo do balanço hídrico	CEDAE, 2017
	Realizar a verificação hidráulica da geometria do canal de chegada, dos canais de floculação e a forma de lançamento do coagulante	FEITOSA; CONSONI, 2008

Fonte: A autora

Quadro 21 – Práticas sustentáveis e categorias de classificação (continuação)

Categoria	Prática sustentável	Referências
Controle de Perdas	Realizar o dimensionamento adequado dos hidrômetros	PREFEITURA MUNICIPAL DE MORUNGABA, 2015; SABESP, 2011; VOTRE, 2014
	Realizar a gestão do índice de hidrometração e vazão (pitometria)	PREFEITURA MUNICIPAL DE MORUNGABA, 2015; SABESP, 2011; VOTRE, 2014
	Possuir o Modelo hidráulico do cadastro técnico	PREFEITURA MUNICIPAL DE MORUNGABA, 2015; VOTRE, 2014
	Utilizar válvulas de estrangulamento	SABESP, 2011
	Controlar a pressão na rede	SABESP, 2011
	Possuir um Sistema integrado de gestão de perdas	CEDAE, 2017; FEITOSA; CONSONI, 2008
	Possuir um controle de gastos com energia elétrica	PARSEKIAN, 1998
	Implementar leitura eletrônicas nas medições (hidrometração)	SABESP, 2011
	Conscientizar a população no combate às fraudes	SABESP, 2011
	Ajustar os equipamentos eletrônicos (diminuir a potência)	SABESP, 2011

Fonte: A autora

Ademais, outras seis práticas sustentáveis foram sugeridas pela autora, o Quadro 22 apresenta estas sugestões.

Quadro 22 - Práticas sustentáveis propostas pela autora

Categoria	Práticas propostas
Planejamento	Elaborar o Plano Diretor de Águas a cada 20 anos
	Revisar o Plano Diretor de Águas a cada 5 anos
	Cumprir as legislações estaduais e municipais
	Ter um Plano de Segurança da Água e atualizá-lo anualmente
	Buscar apoio universitário para estudos, otimização e caracterização do sistema
Monitoramento	Gerar energia alternativa para os sistemas de captação e estações elevatórias

Fonte: A autora

6.4. Proposta de verificação

Os aspectos ambientais definidos no contexto do sistema de abastecimento de água englobam as atividades que interagem com o meio ambiente, essa interação causa modificações adversas e consequentemente, gera um custo ambiental para que a água bruta seja tratada e oferecida para a população com qualidade e segurança.

As práticas sustentáveis identificadas neste trabalho, permitem que o sistema de abastecimento de água reduza as modificações negativas, fazendo com que o custo ambiental para esse processo seja menor, e garantindo que os recursos retirados da natureza, para satisfação das necessidades humanas, não sejam prejudicados e possa continuar cumprindo a sua função.

A sustentabilidade no saneamento não deve ser vista como uma ação pontual, tendo em vista que as consequências dos impactos ambientais adversos afetam o próprio sistema. A qualidade dos recursos hídricos tem uma abrangência regional, uma vez que os riscos de poluição e desperdícios de um município pode atingir outro município a jusante, é de responsabilidade do poder público e concessionárias de saneamento ter um bom desempenho ambiental.

Assim, as práticas sustentáveis identificadas servem como um controle de redução dos impactos ambientais negativos. Com o intuito de diagnosticar o sistema de abastecimento de água como um todo, desde a captação até a distribuição, o programa SAA+Limpo é uma ferramenta de verificação para as concessionárias. A lista de práticas (

Figura 6) pode ser classificada de acordo com as categorias (apresentadas no Quadro 17), e em cada uma delas deve-se colocar uma resposta para a coluna "situação", onde o usuário deve escolher entre as opções:

- Implantado - Para práticas consolidadas no SAA;
- Não implantado - Para práticas não consolidadas no SAA;
- Não se aplica - Para práticas em desacordo com seu SAA;

Figura 6- Programa SAA+Limpo

SAA+LIMPO

VERIFICAÇÃO DE PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS



Calcular Resultado

Categoria

Captação e água bruta

Controle de perdas

Monitoramento

Planejamento

Processo de coagulação

Recursos Humanos

Resíduos

Situação	Categoria	Práticas
Implantado	Monitoramento	Possuir controle de vazamento do Cloro (gás)
Implantado	Monitoramento	Realizar ensaios de toxicidade do efluente
Implantado	Monitoramento	Controlar os parâmetros de monitoramento para Mistura rápida, floculação, decantação, filtração, desinfecção e operação
Implantado	Monitoramento	Desenvolver um plano de inspeção e manutenção do sistema de operação
Implantado	Monitoramento	Desenvolver um plano de monitoramento da qualidade da tratada
Implantado	Monitoramento	Substituir o cloro gás por hipoclorito de cálcio em tabletes
Implantado	Monitoramento	Realizar estudos de infraestrutura
Não se aplica	Monitoramento	Fazer a manutenção dos maquinários
Implantado	Monitoramento	Realizar a gestão de armazenamento de produtos químicos
Não se aplica	Monitoramento	Realizar estudos dos impactos ambientais gerados
Implantado	Monitoramento	Caracterizar a água durante o tratamento e a tratada
Implantado	Monitoramento	Desenvolver um plano de emergência para utilização de Cloro gás
Implantado	Monitoramento	Possuir um banco de dados para fins de planejamento
Implantado	Monitoramento	Operar dentro da vazão nominal de projeto

INSTRUÇÕES

As práticas estão classificadas de acordo com as categorias, para determinar a classificação do seu SAA, basta escolher uma dentre as opções oferecidas na coluna "Situação" para cada prática, sendo elas:

- **Implantado, para práticas consolidadas**
- **Não implantado, para práticas não consolidadas**
- **Não se aplica, para práticas em desacordo com seu SAA**

Ao terminar, clique em "Calcular resultado" no canto superior direito e seu Resultado aparecerá no quadro ao lado.

Fonte: A autora

Selecionando "Calcular resultado" o sistema calcula a porcentagem de práticas consolidadas pelo SAA em relação às práticas aplicáveis a cada caso, permitindo a adaptação do próprio usuário com a realidade em que enfrenta, contemplando diferentes tecnologias e portes.

Para as definições dos níveis de verificação da sustentabilidade, levaram-se em consideração as especificidades das práticas, foram consideradas que 30% delas são de fácil aplicabilidade (nível básico de sustentabilidade), que 10% das práticas precisam de elaboração e investimento, sendo assim, foi definido que acima de 90% seria a porcentagem para se obter o nível avançado de sustentabilidade, e o nível intermediário de sustentabilidade se estabeleceu entre 60% e 90% das práticas consolidadas (

Figura 7). Para uma pontuação menor do que 30% a concessionária não será classificada como sustentável.

Figura 7 - Resultado exibido no Programa SAA+Limpo



Fonte: A autora

6.5. Estudos de caso hipotéticos

Este item aborda situações hipotéticas, ilustrando os resultados do Programa SAA+Limpo. Supondo 3 concessionárias de abastecimento público hipotéticas com diferentes características em relação ao porte, a tecnologia de tratamento e as práticas consolidadas, buscou-se ilustrar as nuances encontradas na realidade e os resultados calculados pelo Programa SAA+Limpo. O

Quadro 23 apresenta as características consideradas para as concessionárias hipotéticas A, B e C.

Quadro 23 - Estudos de caso hipotéticos analisados

Concessionária hipotética	Porte	Tecnologia de tratamento	Práticas consolidadas
A	Grande	Ciclo Completo	Gestão de resíduos bem desenvolvida, alto investimento na captação e coagulação, estrutura de planejamento consolidada e alto controle de perdas
B	Médio	Flotofiltração	Rígido monitoramento operacional e planejamento
C	Pequeno	Filtração Lenta	Alto controle de perdas e investimento em recursos humanos

Fonte: A autora

A respeito da concessionária hipotética A, o Quadro 24 apresenta a situação das práticas sustentáveis consideradas e a Figura 8 apresenta o resultado obtido pelo Programa

SAA+Limpo, nessas condições, a concessionária atingiu o nível avançado de sustentabilidade (90,77%).

Quadro 24- Situação das práticas sustentáveis consideradas no estudo de caso hipotético A

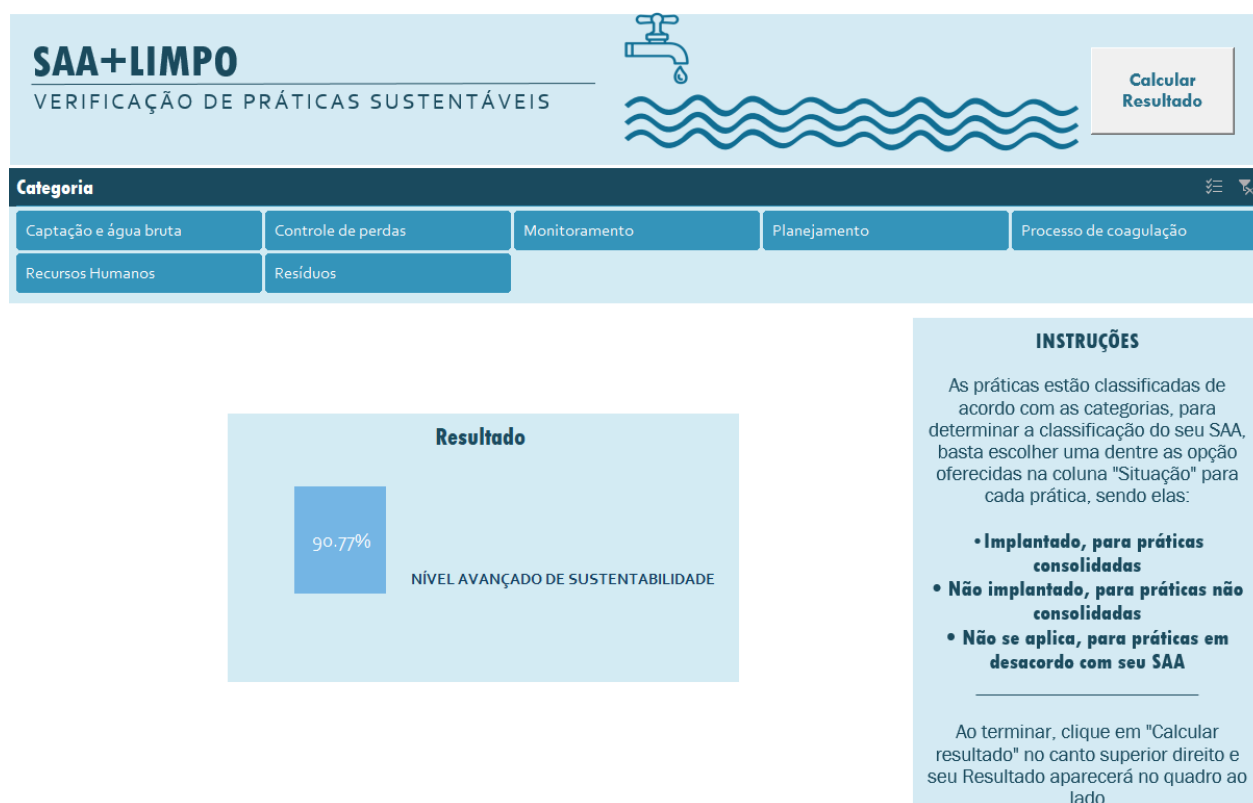
Situação	Categoria	Práticas
Implantado	Monitoramento	Possuir controle de vazamento do Cloro (gás)
Implantado	Monitoramento	Realizar ensaios de toxicidade do efluente
Implantado	Monitoramento	Controlar os parâmetros de monitoramento para Mistura rápida, floculação, decantação, filtração, desinfecção e operação
Implantado	Monitoramento	Desenvolver um plano de inspeção e manutenção do sistema de operação
Implantado	Monitoramento	Desenvolver um plano de monitoramento da qualidade da tratada
Não se aplica	Monitoramento	Substituir o cloro gás por hipoclorito de cálcio em tabletes
Implantado	Monitoramento	Realizar estudos de infraestrutura
Não implantado	Monitoramento	Realizar a manutenção dos maquinários
Implantado	Monitoramento	Realizar a gestão de armazenamento de produtos químicos
Implantado	Monitoramento	Realizar estudos dos impactos ambientais gerados na operação
Implantado	Monitoramento	Caracterizar a água durante o tratamento e a tratada
Implantado	Monitoramento	Desenvolver um plano de emergência para utilização de Cloro gás
Não implantado	Monitoramento	Possuir um banco de dados para fins de planejamento
Implantado	Monitoramento	Operar dentro da vazão nominal de projeto
Não implantado	Monitoramento	Possuir controle de qualidade dos produtos químicos
Implantado	Monitoramento	Controlar a qualidade da água utilizada na lavagem dos filtros, decantadores e descargas de decantação
Implantado	Monitoramento	Planejar o sistema de reservação
Implantado	Monitoramento	Possuir programas institucionais do setor de saneamento (PMSS, SNIS, COM+AGUA, RECESA, PNCDA, PROCEL SENEAR)
Implantado	Monitoramento	Possuir controle operacional do sistema
Implantado	Monitoramento	Possuir adequada infraestrutura laboratorial para ensaios
Não implantado	Recursos Humanos	Capacitar técnicos operacionais
Implantado	Recursos Humanos	Possuir um programa de gerenciamento de pessoas
Implantado	Recursos Humanos	Possuir as medidas adequadas de Segurança do Trabalho
Implantado	Captação e água bruta	Caracterizar a água bruta (parâmetros físicos, químicos e hidro biológicos)
Implantado	Captação e água bruta	Estudar o enquadramento e classificação dos cursos d'água
Implantado	Captação e água bruta	Controlar e conhecer as atividades industriais e uso agrícola intenso na bacia de captação
Implantado	Captação e água bruta	Possuir gestão de recursos hídricos (zoneamento e ocupação da bacia)

Implantado	Captação e água bruta	Avaliar a geração de resíduos na escolha de futuros mananciais
Implantado	Captação e água bruta	Possuir programas e ações de proteção dos mananciais
Implantado	Captação e água bruta	Gerar energia alternativa para os sistemas de captação e estações elevatórias
Implantado	Captação e água bruta	Possuir localização segura do sistema de captação (longe de rodovias)
Implantado	Captação e água bruta	Realizar limpeza regular no sistema de captação (caixa de areia)
Implantado	Processo de coagulação	Realizar ensaios regulares de Jartest
Implantado	Processo de coagulação	Utilizar coagulantes orgânicos
Implantado	Processo de coagulação	Recuperar o coagulante
Implantado	Resíduos	Equalizar a água de lavagem dos filtros
Implantado	Resíduos	Caracterizar a água de lavagem dos filtros
Implantado	Resíduos	Desenvolver estratégias de limpeza dos decantadores
Implantado	Resíduos	Caracterizar os resíduos dos decantadores (quantitativamente e qualitativamente)
Implantado	Resíduos	Planejar a disposição final do lodo
Implantado	Resíduos	Reaproveitar o lodo dos decantadores (agricultura, solo, construção civil, compostagem, adsorção de arsênio)
Não se aplica	Resíduos	Estudar os possíveis descartes sustentáveis para o lodo (Aterros, agricultura, material cerâmico, ETE, equalização, bag geotêxtil, incineração e recuperação do coagulante)
Implantado	Resíduos	Reaproveitamento da água de lavagem dos filtros
Implantado	Resíduos	Estar com o processo de operação da lavagem dos filtros otimizado
Implantado	Resíduos	Utilizar água e ar na lavagem dos filtros
Implantado	Controle de perdas	Possuir um sistema integrado de gestão de perdas
Implantado	Controle de perdas	Possuir distritos de medição e controle
Implantado	Controle de perdas	Substituir regularmente os hidrômetros
Implantado	Controle de perdas	Realizar o dimensionamento adequado dos hidrômetros
Implantado	Controle de perdas	Realizar o cálculo do balanço hídrico
Implantado	Controle de perdas	Possuir uma equipe de monitoramento de vazamentos
Implantado	Controle de perdas	Realizar a gestão do índice de hidrometração e vazão (pitometria)
Implantado	Controle de perdas	Possuir o modelo hidráulico do cadastro técnico
Não implantado	Controle de perdas	Conscientizar a população do uso racional da água
Implantado	Controle de perdas	Utilizar válvulas de estrangulamento
Implantado	Controle de perdas	Controlar a pressão na rede
Não implantado	Controle de perdas	Conscientizar a população no combate às fraudes
Implantado	Controle de perdas	Realizar a verificação hidráulica da geometria do canal de chegada, dos canais de floculação e a forma de lançamento do coagulante
Implantado	Controle de perdas	Possuir um controle de gastos com energia elétrica

Implantado	Controle de perdas	Ajustar os equipamentos eletrônicos (diminuir a potência)
Implantado	Controle de perdas	Implementar leitura eletrônicas nas medições (hidrometração)
Implantado	Planejamento	Estar com as licenças ambientais regularizadas
Implantado	Planejamento	Elaborar o Plano Diretor de Águas a cada 20 anos
Implantado	Planejamento	Revisar o Plano Diretor de Águas a cada 5 anos
Implantado	Planejamento	Cumprir as legislações estaduais e municipais
Implantado	Planejamento	Ter um Plano de Segurança da Água e atualizá-lo anualmente
Implantado	Planejamento	Buscar apoio universitário para estudos, otimização e caracterização do sistema

Fonte: A autora

Figura 8- Resultados do estudo de caso hipotético A



Fonte: A autora (2020)

A respeito da concessionária hipotética B, o

Quadro 25 apresenta a situação das práticas sustentáveis consideradas e a Figura 9 apresenta o resultado obtido pelo Programa SAA+Limpo, nessas condições, a concessionária atingiu o nível básico de sustentabilidade (53,38%).

Quadro 25- Situação das práticas sustentáveis consideradas no estudo de caso hipotético B

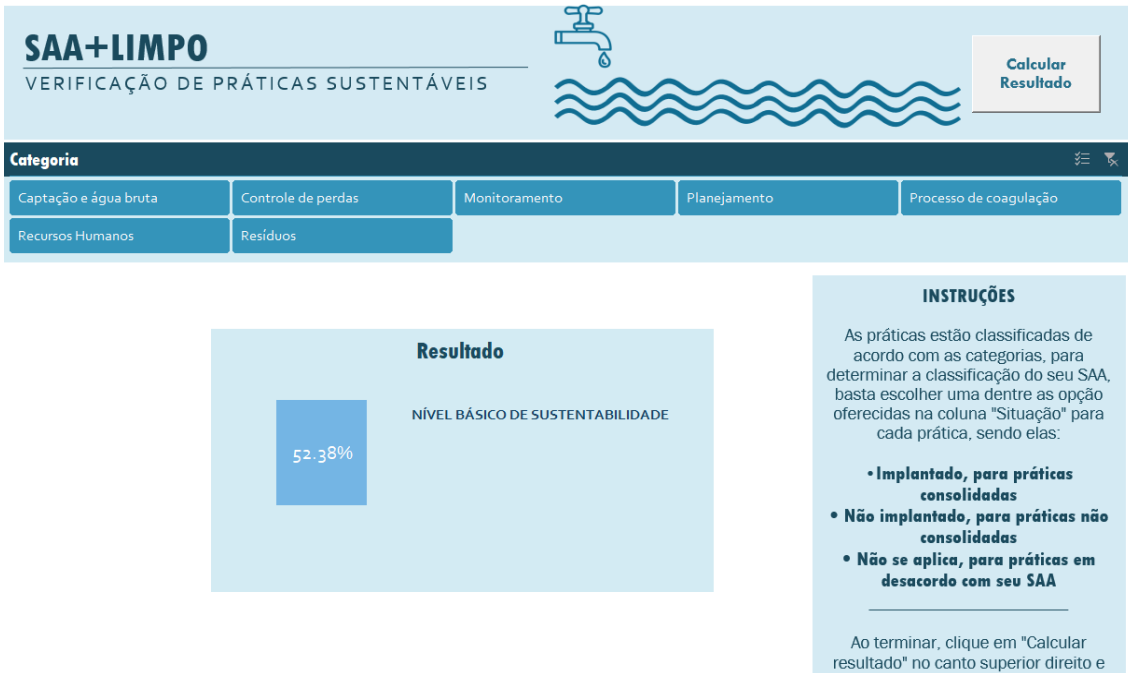
Situação	Categoria	Práticas
Implantado	Monitoramento	Possuir controle de vazamento do Cloro (gás)
Implantado	Monitoramento	Realizar ensaios de toxicidade do efluente
Implantado	Monitoramento	Controlar os parâmetros de monitoramento para Mistura rápida, floculação, decantação, filtração, desinfecção e operação
Implantado	Monitoramento	Desenvolver um plano de inspeção e manutenção do sistema de operação
Implantado	Monitoramento	Desenvolver um plano de monitoramento da qualidade da tratada
Implantado	Monitoramento	Substituir o cloro gás por hipoclorito de cálcio em tabletes
Implantado	Monitoramento	Realizar estudos de infraestrutura
Implantado	Monitoramento	Realizar a manutenção dos maquinários
Implantado	Monitoramento	Realizar a gestão de armazenamento de produtos químicos
Implantado	Monitoramento	Realizar estudos dos impactos ambientais gerados na operação
Implantado	Monitoramento	Caracterizar a água durante o tratamento e a tratada
Implantado	Monitoramento	Desenvolver um plano de emergência para utilização de Cloro gás
Implantado	Monitoramento	Possuir um banco de dados para fins de planejamento
Implantado	Monitoramento	Operar dentro da vazão nominal de projeto
Implantado	Monitoramento	Possuir controle de qualidade dos produtos químicos
Implantado	Monitoramento	Controlar a qualidade da água utilizada na lavagem dos filtros, decantadores e descargas de decantação
Implantado	Monitoramento	Planejar o sistema de reservação
Implantado	Monitoramento	Possuir programas institucionais do setor de saneamento (PMSS, SNIS, COM+AGUA, RECESA, PNCDA, PROCEL SENEAR)
Implantado	Monitoramento	Possuir controle operacional do sistema
Implantado	Monitoramento	Possuir adequada infraestrutura laboratorial para ensaios
Implantado	Recursos Humanos	Capacitar técnicos operacionais
Não implantado	Recursos Humanos	Possuir um programa de gerenciamento de pessoas
Não implantado	Recursos Humanos	Possuir as medidas adequadas de Segurança do Trabalho
Implantado	Captação e água bruta	Caracterizar a água bruta (parâmetros físicos, químicos e hidro biológicos)
Não implantado	Captação e água bruta	Estudar o enquadramento e classificação dos cursos d'água
Não implantado	Captação e água bruta	Controlar e conhecer as atividades industriais e uso agrícola intenso na bacia de captação
Não implantado	Captação e água bruta	Possuir gestão de recursos hídricos (zoneamento e ocupação da bacia)
Não implantado	Captação e água bruta	Avaliar a geração de resíduos na escolha de futuros mananciais
Não implantado	Captação e água bruta	Possuir programas e ações de proteção dos mananciais
Não implantado	Captação e água bruta	Gerar energia alternativa para os sistemas de captação e estações

		elevatórias
Implantado	Captação e água bruta	Possuir localização segura do sistema de captação (longe de rodovias)
Não implantado	Captação e água bruta	Realizar limpeza regular no sistema de captação (caixa de areia)
Não implantado	Processo de coagulação	Realizar ensaios regulares de Jarrest
Não implantado	Processo de coagulação	Utilizar coagulantes orgânicos
Não implantado	Processo de coagulação	Recuperar o coagulante
Não implantado	Resíduos	Equalizar a água de lavagem dos filtros
Implantado	Resíduos	Caracterizar a água de lavagem dos filtros
Não se aplica	Resíduos	Desenvolver estratégias de limpeza dos decantadores
Não se aplica	Resíduos	Caracterizar os resíduos dos decantadores (quantitativamente e qualitativamente)
Não implantado	Resíduos	Planejar a disposição final do lodo
Não se aplica	Resíduos	Reaproveitar o lodo dos decantadores (agricultura, solo, construção civil, compostagem, adsorção de arsênio)
Não se aplica	Resíduos	Estudar os possíveis descartes sustentáveis para o lodo (Aterros, agricultura, material cerâmico, ETE, equalização, bag geotêxtil, incineração e recuperação do coagulante)
Não implantado	Resíduos	Reaproveitamento da água de lavagem dos filtros
Implantado	Resíduos	Estar com o processo de operação da lavagem dos filtros otimizado
Implantado	Resíduos	Utilizar água e ar na lavagem dos filtros
Não implantado	Controle de perdas	Possuir um sistema integrado de gestão de perdas
Não implantado	Controle de perdas	Possuir distritos de medição e controle
Não implantado	Controle de perdas	Substituir regularmente os hidrômetros
Não implantado	Controle de perdas	Realizar o dimensionamento adequado dos hidrômetros
Não implantado	Controle de perdas	Realizar o cálculo do balanço hídrico
Não implantado	Controle de perdas	Possuir uma equipe de monitoramento de vazamentos
Não implantado	Controle de perdas	Realizar a gestão do índice de hidrometação e vazão (pitometria)
Não implantado	Controle de perdas	Possuir o modelo hidráulico do cadastro técnico
Não implantado	Controle de perdas	Conscientizar a população do uso racional da água
Não implantado	Controle de perdas	Utilizar válvulas de estrangulamento
Não implantado	Controle de perdas	Controlar a pressão na rede
Implantado	Controle de perdas	Conscientizar a população no combate às fraudes
Não implantado	Controle de perdas	Realizar a verificação hidráulica da geometria do canal de chegada, dos canais de floculação e a forma de lançamento do coagulante
Não implantado	Controle de perdas	Possuir um controle de gastos com energia elétrica
Não implantado	Controle de perdas	Ajustar os equipamentos eletrônicos (diminuir a potência)
Não implantado	Controle de perdas	Implementar leitura eletrônicas nas medições (hidrometação)
Implantado	Planejamento	Estar com as licenças ambientais regularizadas

Implantado	Planejamento	Elaborar o Plano Diretor de Águas a cada 20 anos
Implantado	Planejamento	Revisar o Plano Diretor de Águas a cada 5 anos
Implantado	Planejamento	Cumprir as legislações estaduais e municipais
Implantado	Planejamento	Ter um Plano de Segurança da Água e atualizá-lo anualmente
Implantado	Planejamento	Buscar apoio universitário para estudos, otimização e caracterização do sistema

Fonte: A autora

Figura 9- Resultados do estudo de caso hipotético B



Fonte: A autora

A respeito da concessionária hipotética C, o

Quadro 26 apresenta a situação das práticas sustentáveis consideradas e a Figura 10 apresenta o resultado obtido pelo Programa SAA+Limpo nessas condições, a concessionária atingiu o nível intermediário de sustentabilidade (82,14%).

Quadro 26- Situação das práticas sustentáveis consideradas no estudo de caso hipotético C

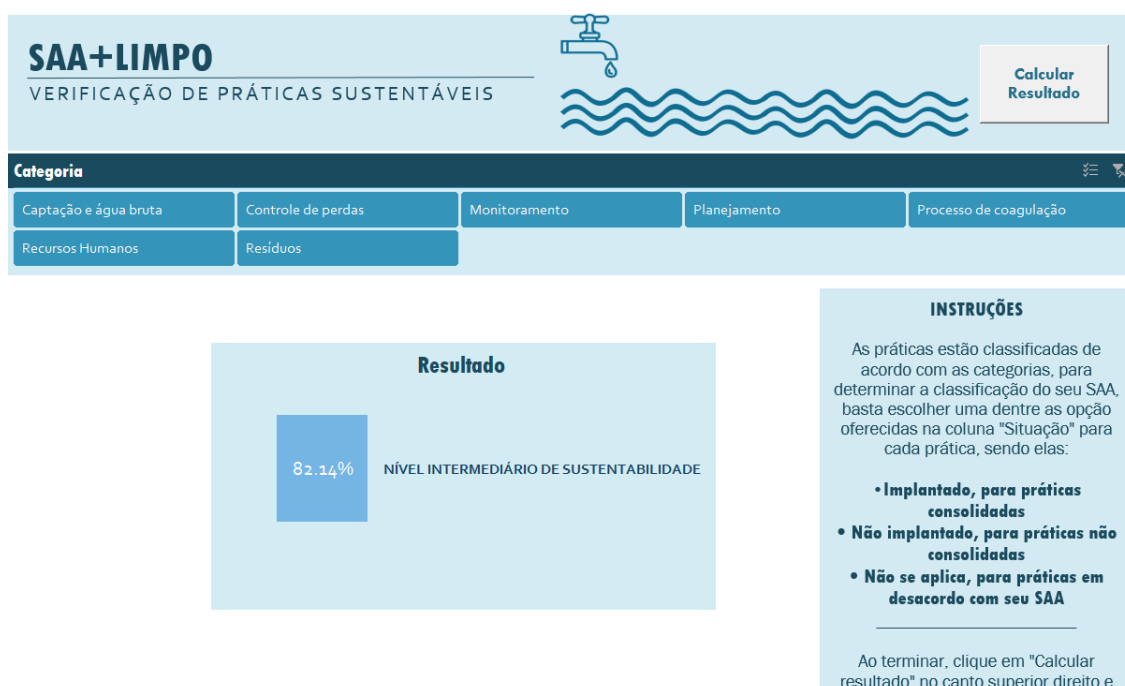
Situação	Categoria	Práticas
Implantado	Monitoramento	Possuir controle de vazamento do Cloro (gás)
Implantado	Monitoramento	Realizar ensaios de toxicidade do efluente
Não se aplica	Monitoramento	Controlar os parâmetros de monitoramento para Mistura rápida, floculação, decantação, filtração, desinfecção e operação
Implantado	Monitoramento	Desenvolver um plano de inspeção e manutenção do sistema de operação
Implantado	Monitoramento	Desenvolver um plano de monitoramento da qualidade da tratada
Implantado	Monitoramento	Substituir o cloro gás por hipoclorito de cálcio em tabletes
Implantado	Monitoramento	Realizar estudos de infraestrutura
Implantado	Monitoramento	Realizar a manutenção dos maquinários
Não se aplica	Monitoramento	Realizar a gestão de armazenamento de produtos químicos
Não implantado	Monitoramento	Realizar estudos dos impactos ambientais gerados na operação
Implantado	Monitoramento	Caracterizar a água durante o tratamento e a tratada
Não implantado	Monitoramento	Desenvolver um plano de emergência para utilização de Cloro gás
Implantado	Monitoramento	Possuir um banco de dados para fins de planejamento
Implantado	Monitoramento	Operar dentro da vazão nominal de projeto
Não se aplica	Monitoramento	Possuir controle de qualidade dos produtos químicos
Implantado	Monitoramento	Controlar a qualidade da água utilizada na lavagem dos filtros, decantadores e descargas de decantação
Implantado	Monitoramento	Planejar o sistema de reservação
Implantado	Monitoramento	Possuir programas institucionais do setor de saneamento (PMSS, SNIS, COM+AGUA, RECESA, PNCDA, PROCEL SENEAR)
Implantado	Monitoramento	Possuir controle operacional do sistema
Implantado	Monitoramento	Possuir adequada infraestrutura laboratorial para ensaios
Implantado	Recursos Humanos	Capacitar técnicos operacionais
Implantado	Recursos Humanos	Possuir um programa de gerenciamento de pessoas
Implantado	Recursos Humanos	Possuir as medidas adequadas de Segurança do Trabalho
Implantado	Captação e água bruta	Caracterizar a água bruta (parâmetros físicos, químicos e hidro biológicos)
Implantado	Captação e água bruta	Estudar o enquadramento e classificação dos cursos d'água
Implantado	Captação e água bruta	Controlar e conhecer as atividades industriais e uso agrícola intenso na bacia de captação
Implantado	Captação e água bruta	Possuir gestão de recursos hídricos (zoneamento e ocupação da bacia)
Não implantado	Captação e água bruta	Avaliar a geração de resíduos na escolha de futuros mananciais
Implantado	Captação e água bruta	Possuir programas e ações de proteção dos mananciais
Não implantado	Captação e água bruta	Gerar energia alternativa para os sistemas de captação e estações

		elevatórias
Implantado	Captação e água bruta	Possuir localização segura do sistema de captação (longe de rodovias)
Não implantado	Captação e água bruta	Realizar limpeza regular no sistema de captação (caixa de areia)
Não se aplica	Processo de coagulação	Realizar ensaios regulares de Jarrest
Não se aplica	Processo de coagulação	Utilizar coagulantes orgânicos
Não se aplica	Processo de coagulação	Recuperar o coagulante
Não implantado	Resíduos	Equalizar a água de lavagem dos filtros
Não implantado	Resíduos	Caracterizar a água de lavagem dos filtros
Não se aplica	Resíduos	Desenvolver estratégias de limpeza dos decantadores
Não se aplica	Resíduos	Caracterizar os resíduos dos decantadores (quantitativamente e qualitativamente)
Não se aplica	Resíduos	Planejar a disposição final do lodo
Não se aplica	Resíduos	Reaproveitar o lodo dos decantadores (agricultura, solo, construção civil, compostagem, adsorção de arsênio)
Não se aplica	Resíduos	Estudar os possíveis descartes sustentáveis para o lodo (Aterros, agricultura, material cerâmico, ETE, equalização, bag geotêxtil, incineração e recuperação do coagulante)
Não implantado	Resíduos	Reaproveitamento da água de lavagem dos filtros
Não implantado	Resíduos	Estar com o processo de operação da lavagem dos filtros otimizado
Não implantado	Resíduos	Utilizar água e ar na lavagem dos filtros
Implantado	Controle de perdas	Possuir um sistema integrado de gestão de perdas
Implantado	Controle de perdas	Possuir distritos de medição e controle
Implantado	Controle de perdas	Substituir regularmente os hidrômetros
Implantado	Controle de perdas	Realizar o dimensionamento adequado dos hidrômetros
Implantado	Controle de perdas	Realizar o cálculo do balanço hídrico
Implantado	Controle de perdas	Possuir uma equipe de monitoramento de vazamentos
Implantado	Controle de perdas	Realizar a gestão do índice de hidrometação e vazão (pitometria)
Implantado	Controle de perdas	Possuir o modelo hidráulico do cadastro técnico
Implantado	Controle de perdas	Conscientizar a população do uso racional da água
Implantado	Controle de perdas	Utilizar válvulas de estrangulamento
Implantado	Controle de perdas	Controlar a pressão na rede
Implantado	Controle de perdas	Conscientizar a população no combate às fraudes
Implantado	Controle de perdas	Realizar a verificação hidráulica da geometria do canal de chegada, dos canais de floculação e a forma de lançamento do coagulante
Implantado	Controle de perdas	Possuir um controle de gastos com energia elétrica
Implantado	Controle de perdas	Ajustar os equipamentos eletrônicos (diminuir a potência)
Implantado	Controle de perdas	Implementar leitura eletrônicas nas medições (hidrometação)
Implantado	Planejamento	Estar com as licenças ambientais regularizadas

Implantado	Planejamento	Elaborar o Plano Diretor de Águas a cada 20 anos
Implantado	Planejamento	Revisar o Plano Diretor de Águas a cada 5 anos
Implantado	Planejamento	Cumprir as legislações estaduais e municipais
Implantado	Planejamento	Ter um Plano de Segurança da Água e atualizá-lo anualmente
Implantado	Planejamento	Buscar apoio universitário para estudos, otimização e caracterização do sistema

Fonte: A autora

Figura 10- Resultados do estudo de caso hipotético C



Fonte: A autora

Os estudos de casos hipotéticos revelam que diferentes combinações das condições podem ser feitas, mostrando que o sistema é adaptável para diferentes realidades. Além disso, as diferentes condições consolidadas mostram que não basta uma categoria ser plenamente cumprida para se obter um alto nível de sustentabilidade, evidenciando que o sistema é equilibrado em suas considerações.

6.6. Recomendações

A respeito da base de dados, recomenda-se consultar, de acordo com a disponibilidade de órgãos públicos, os EIA-RIMA e RAPs que dizem respeito ao sistema de abastecimento de água em estudo, a fim de identificar os aspectos e impactos ambientais relevantes. Além disso, consultar trabalhos internacionais e estudar a aplicabilidade das

diferentes técnicas capazes reduzir os impactos causados pelas tecnologias utilizadas no Brasil.

Relativo às práticas sustentáveis já elencadas neste trabalho, recomenda-se realizar uma validação destas, consultando especialistas com experiência prática na área, de forma a trazer a teoria aqui levantada para a realidade enfrentada pelos operadores e concessionárias e, caso necessário, fazer as devidas adaptações ao programa.

7. Conclusão

Mediante Revisão Bibliográfica Sistemática e Revisão de Escopo, foi possível identificar em diferentes documentos científicos, quais os aspectos e impactos ambientais presentes na operação de sistemas de abastecimento de água. Ademais, os processos técnicos e funções organizacionais das concessionárias que evidenciam a redução de impactos ambientais negativos, denominadas como práticas sustentáveis.

Ao identificar essas práticas, foi possível desenvolver o programa SAA+Limpo, que busca auxiliar as concessionárias de abastecimento na identificação de práticas sustentáveis consolidadas e não consolidadas nas suas operações, desde a captação até a distribuição, classificando o sistema em diferentes níveis de sustentabilidade, de acordo com uma escala de aplicabilidade das práticas.

Os autores Oliveira e Lobo (2010) ressaltam a importância da implementação de políticas que não interfiram no desenvolvimento das organizações e tão pouco no meio ambiente, visando minimizar os impactos ambientais negativos e a manutenção da qualidade ambiental. A alternativa proposta caracteriza uma certificação definida por Nunes (2018), como sendo um processo de acompanhamento e avaliação do serviço buscando atender os requisitos legais e técnicos, resultando em um menor custo para a sociedade e maior ganho ambiental.

Atentando para o fato de que não foi encontrado na literatura, no melhor do nosso conhecimento, uma proposta de melhoria da qualidade ambiental dos sistemas de tratamento de água para abastecimento, o programa desenvolvido no presente trabalho assegura a melhoria da qualidade ambiental na operação do sistema de abastecimento de água, endossa a segurança quanto a qualidade da água, cumprindo os requisitos de potabilidade, e consequentemente, gere os recursos hídricos de forma garantir sua disponibilidade.

Referências

- ABREU, L. M. et al. Escolha de um programa de controle da qualidade da água para consumo humano: aplicação do método de AHP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.2, p. 257-262, 2000.
- ACHON, C. L. **Ecoeficiência de sistemas de tratamento de água à luz dos conceitos da ISO 14.001**. 2008. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.
- ACHON, C. L.; BARROSO, M. M.; CORDEIRO, J. S. Resíduos de estações de tratamento de água e a ISO 24512: desafio do saneamento brasileiro. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.18, n.2, p.115-122, 2013.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Abastecimento**. 2020. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/usos-da-agua/abastecimento> Acesso: 12 ago. 2020.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Programa de desenvolvimento do setor água**. Programa interáguas. 2010.
- ANDRADE, C. F.; SILVA, C. M.; OLIVEIRA, F. C. Gestão ambiental em saneamento: uma revisão das alternativas para tratamento e disposição do lodo de eta e seus impactos na qualidade das águas. In: V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2014, Belo Horizonte. **Anais [...]** Bauru: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais e de Saneamento (IBEAS), 2014.
- ARIEDI JUNIOR, V. R.; MIRANDA, J. R. Certificações agrícolas e o desenvolvimento sustentável no sistema de produção de cana-de-açúcar orgânica. In: WORKSHOP AGROENERGIA: matérias primas, 8., 2014, Ribeirão Preto. **Anais [...]**. [S.l.:s.n.].
- ARKSEY, H; O'MALLEY, L. Scoping studies: towards a methodological framework. **International Journal of Social Research Methodology**, v.8, n.1, p. 19-32, 2005.
- ASSIS, L. R. **Avaliação do impacto em corpos d'água devido ao lançamento de resíduos em uma Estação de Tratamento de Água de Juiz de Fora - MG**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14001: Sistemas de gestão ambiental - requisitos com orientações para uso**. Rio de Janeiro. 2015.
- AURÉLIO SOBRINHO, C. **Desenvolvimento sustentável: uma análise a partir do Relatório Brundtland**. Dissertação de mestrado- Faculdade de Filosofia e Ciências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Marília, 2008.

BARROSO, G. R.; SOARES, A. L. C.; COSTA, E. P.; MELO, L. D. V.; OLIVEIRA, S. M. A. C. Análise do desempenho de estações de tratamento de água convencionais de distintos portes para o atendimento ao padrão de potabilidade brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 30., 2019, Natal. **Anais [...]**. 2019.

BASTOS, R. K. X.; HELLER, L.; BEVILACQUA, P. D.; PÁDUA, V. L.; BRANDÃO, C. S. **Legislação sobre controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano** – a experiência brasileira comparada à pan-americana. In: XXIX Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, San Juan, Puerto Rico. Anais do XXIX Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. San Juan. AIDIS, 2004. p. 1-9.

BITTENCOURT, S.; SERRAT, B. M.; AISSE, M. M.; MARIN, L. M. K. S.; SIMÃO, C. C. Aplicação de lodos de estações de tratamento de água e de tratamento de esgoto em solo degradado. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.17, n.3, p.315-324, 2012.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. Decreto nº 79.367 de 9 de março de 1977. Dispõe sobre normas e o padrão de potabilidade de água e das outras providências. **Coleção de leis da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, mar. 1977.

BRASIL. Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990. Regulamenta a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências. **Coleção de leis da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, jun. 1990.

BRASIL. Lei nº 14.026 de 15 jul. 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, de 16 jun. 2020, p. 1, col. 1.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de Consolidação nº 05/2017**. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. 2017.

BRASIL. Resolução CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da

Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, de 17 fev. 1986.

BRASIL. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63.

BUSELATTO, D. M.; WENZEL, M. C.; ROCHA, G. H.; WEBBER, J.; SILVA, S. R.; ANDRADE, J. J. O. Incorporação de lodo de estação de tratamento de água (ETA) como agregado miúdo em concretos: avaliação das propriedades físico-mecânicas. **Revista Matéria**, v.24, n.1, 2019.

CAGECE. **ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL E SOCIAL - EIA DO PROGRAMA DE INFRA-ESTRUTURA BÁSICA EM SANEAMENTO DO ESTADO DO CEARÁ - SANEAR II. TOMO V.** 2005. Disponível em: <http://www2.ipece.ce.gov.br/SWAP/swapii/salvaguardas/plano-controle-ambiental.pdf> Acesso: 28 Jul. 2020

CAMPOS, M. A.; FERRÃO, A. M. A. Engenharia de empreendimentos sustentáveis: classes de uso e níveis de certificação dos empreendimentos certificados no estado de São Paulo. **REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 14, n.1, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5216/reec.v14i1.44803>.

CEDAE. **Relatório de Sustentabilidade 2017.** 2017. Disponível em: <https://www.cedae.com.br/portals/0/governanca/Relatorio%20de%20Sustentabilidade%20-%202017.pdf> Acesso: 28 Jul. 2020

CESAN. **Anexo VI** - manual ambiental de diretrizes e recomendações para concepção e projeto de sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário. *In*: Programa de gestão integrada das águas e da paisagem. 2013. Disponível em: <https://www.cesan.com.br/investimentos/programa-de-gestao-integrada-das-aguas-e-da-paisagem-do-estado-do-espírito-santo/>. Acesso em: 27 jul. 2020.

CETESB. **PROJETO, IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DA ETA: ROTEIRO DO ESTUDO.** [s.d.] Disponível em: https://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/eta_projeto_implantacao_operacao.pdf Acesso 27 Jul. 2020

CIRILO, J. A. Crise hídrica: desafios e superação. **Revista USP**, São Paulo, n. 106, p. 45-58, 2015.

CONFORTO, E. C., AMARAL, D.C., SILVA, S.L. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 8., 2011, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: BGD, 2011;

CONTO, V.; OLIVEIRA, M. L.; RUPPENTHAL, J. E. Certificações ambientais: contribuição à sustentabilidade na construção civil no Brasil. **GEPROS - Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v.12, n.4, p. 100-127, 2017.

COSTA, M. B. C. **Indicador do processo de tratamento de água para consumo humano**. 2019. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2019.

CUNHA, G. F.; PINTO, C. R. C.; MARTINS, S.R.; CASTILHOS, A. B. The Precautionary principle in Brazil post-rio-92: environmental impact and human health. **Revista Ambiente e Sociedade**, v.16, n.3, p. 65-80, set., 2013.

CUNHA, L. A. **Avaliação de impacto ambiental no Brasil: análise de efetividade e propostas de aperfeiçoamento**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade da Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas, Amazonas, 2014.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B.; VOLTAN, P. E. N. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. São Carlos: LDiBe, 2017.

FEITOSA, C. A. G.; CONSONI, A. J. Análise de oportunidades de minimização da geração de lodo na Estação de Tratamento de Água Alto da Boa vista, São Paulo. **Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente**, v.3, n.2, 2008.

FELIZARDO, K. R.; ANDERY, G. F.; MALDONADO, J.C.; MINGHIM, R. Uma Abordagem visual para auxiliar a revisão da seleção de estudos primários na revisão sistemática. In: EXPERIMENTAL SOFTWARE ENGINEERING LATIN AMERICAN WORKSHOP, 6., 2009, São Carlos. **Proceedings [...]**. São Carlos: UFSCar, 2009. p.83-92.

FERNANDEZ, L. P.; MIKOWSKI, P. C. B.; MACIOSKI, G.; NAGALLI, A.; FREIRE, F. B. Avaliação da incorporação do lodo de Estação de Tratamento de Água em peças de concreto intertravado. **Revista Matéria**, v.23, n.3, 2018.

FRANCISCO, A. A.; POHLMANN, P. H. M.; FERREIRA, M. A. Tratamento convencional de águas para abastecimento humano: uma abordagem teórica dos processos envolvidos e dos indicadores de referência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 2., 2011, Londrina. **Anais [...]**. Bauru: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais (IBEAS), 2011.

FRANCO, E. S. **Avaliação da influência dos coagulantes sulfato de alumínio e cloreto férrico na remoção de turbidez e cor da água bruta e sua relação com sólidos na geração de lodo em ETA**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.

FREITAS, J. G.; FERREIRA FILHO, S. S.; PIVELI, R. P. Viabilidade técnica e econômica da regeneração de coagulantes a partir de lodos de estações de tratamento de água. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.10, n.2, p.137-145, 2005.

FREITAS, M. B.; FREITAS, C. M. A Vigilância da qualidade da água para consumo humano – desafios e perspectivas para o Sistema Único de Saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.10, n. 4, p. 993-1004, 2005.

GANDIA, R. M.; GOMES, F. C.; CORRÊA, A. A. R.; RODRIGUES, M. C.; MARIN, D. B. Physical, mechanical and thermal behaviour of adobe stabilized with the sludge of wastewater treatment plants. **Engenharia Agrícola**, v.39, n.9, p.684-697, 2019.

GOULART, M. D. C.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, ano 2, n. 1, 2003. Disponível em: http://labs.icb.ufmg.br/benthos/index_arquivos/pdfs_pagina/Goulart%20&%20Callisto-Fapam.pdf. Acesso em: 22 jul. 2020.

GUERRA, R. C.; ANGELIS, D. F. D. Classificação e biodegradação de lodo de estações de tratamento de água para descarte em aterro sanitário. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 72, n.1, p. 87-91, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa nacional de saneamento básico - 2017**. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/30/84366>. Acesso em: 12 ago. 2020.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Manual do saneamento básico**. 2012. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/uploads/estudos/pesquisa16/manual-imprensa.pdf> . Acesso: 12 ago. 2020.

JANUÁRIO, G. F.; FERREIRA FILHO, S. S. Planejamento e aspectos ambientais envolvidos na disposição final de lodos das estações de tratamento de água da região metropolitana de São Paulo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.12, n.2, p.117-126, 2007.

KATAYAMA, V. T.; MONTES, C. P.; FERRAZ, T. H.; MORITA, D. M. Quantificação da produção de lodo de estações de tratamento de água de ciclo completo: uma análise crítica. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.20, n.4, 2015.

LIMA, L. M. **A Prática de desenvolvimento sustentável por meio das certificações ambientais**: uma proposta metodológica para certificação ambiental urbana. 2018. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Urbano) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, 2018.

LOPES, A. **Sustentabilidade no saneamento**. 2017. Disponível em: <https://www.saneamentobasico.com.br/sustentabilidade-no-saneamento/>. Acesso: 15 out. 2020.

LOPES, V. C.; LIBÂNIO, M. Proposição de um índice de qualidade de estações de tratamento de água (IQETA). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.10, n.4, p.318-328, 2005.

LOURENÇO NETO, M.; OLIVEIRA, A. M. Sustentabilidade da cajucultura no município de serra do mel/rn: produção certificada x convencional. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.2, n.2, p.113-135, 2007.

MELO, L. D. V. **Avaliação estatística de desempenho de estações de tratamento de água, em função da tecnologia, do porte e do tipo de manancial.** 2019. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

MENDES, R. L.; FERREIRA FILHO, S. S.; SCIAN, J. B. Desaguamento mecânico por filtro prensa de placas de lodos gerados em Estações de Tratamento de Água. In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001, João Pessoa. **Anais [...]** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), 2001.

MENEZES, M. C. **Investigação de processos operacionais de uma estação de tratamento de água de ciclo completo.** 2019. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2019.

MICHELAN, D. C. G. S.; BATISTA, I. F.; BATISTA, D. F.; SANTOS, D. G.; MENDONÇA, L. C.; LIMA, D. M. F. Desempenho das etapas de tratamento de água da estação de tratamento de água Poxim. **Scientia Cum Industria**, v.7, n.3, p. 7-14, 2019.

MOREIRA, B. S. **Caracterização do lodo de Estação de Tratamento de Água e sua utilização como adsorvente para arsênio.** Dissertação (Mestre em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, 2019.

NIEDERLE, P. A.; RADOMSKY, G. F. W. **Introdução às teorias do desenvolvimento.** Porto Alegre: Ed.UFRGS, 2016.

NUNES, M. F. Análise da contribuição das certificações ambientais aos desafios da agenda 2030. **Revista Internacional de Ciências**, v.8, n.1, p. 27-46, 2018.

OLIVEIRA, C. A.; BARCELO, W. F.; COLARES, C. J. G. Estudo das características físico-químicas da água de lavagem de filtro em uma Estação de Tratamento de Água para fins de reaproveitamento. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v.9, n.11, p. 113-130, 2013.

OLIVEIRA, F. S.; LOBO, M. G. Relações entre legislação ambiental brasileira e impactos ambientais do tratamento de água: contribuição para a gestão ambiental de companhias de saneamento básico. **Revista de Ciências Ambientais**, v.4, n.1, p.77-95, 2010.

OLIVEIRA, I. Y. Q. Aspectos conceituais relacionados à qualidade da água bruta e o volume de lodo de Estação de Tratamento de Água gerado. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v.6, n.3, p. 112-123, out/dez 2017.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **A ONU e a água.** 2020. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/agua/>. Acesso em: 3 fev. 2020.

PANIGRAHI, J.; AMIRAPU, S. An Assessment of EIA system in India. **Environmental Impact Assessment Review**; v. 35, p.23-36, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2012.01.005>. Acesso em: 14 maio 2018.

PARSEKIAN, M. P. S. **Análise e proposta de formas de gerenciamento de Estações de Tratamento de Águas de Abastecimento completo em cidades de porte médio do estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, 1998.

PETERS, M. D. J.; GODFREY, C. M.; KHALIL, H.; McLNERNEY, P.; PARKER, D.; SOARES, C. B. Guidance for conducting systematic scoping reviews. **International Journal of Evidence-Based Healthcare**, v.13, p. 141-146, 2015.

PIEPER, K. M. C. **Avaliação do uso de geossintético para o deságue e geocontenção de resíduos sólidos de Estações de Tratamento de Água**. Dissertação (Mestre em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2008.

PINTO, A. G.; ISAAC, R. L. Avaliação da Ecoeficiência de Estações de Tratamento de Água no Estado de São Paulo. In: 8º Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade, 2019, Três Rios. **Anais [...]** Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MORUNGABA. **Diagnóstico da Situação da Prestação de Serviços de Saneamento Básico para elaboração dos Planos Municipais de Saneamento Básico e Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município Morungaba**. Piracicaba: Fundação Agência das Bacias PCJ, 2015.

PRIM, E. C. C. **Utilização de lodo de Estações de Tratamento de Água e Esgoto como material de cobertura de aterro sanitário**. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2011.

PROSAB. **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 2009, 352 p. ISBN: 978-85-7022-161-2

RATTNER, H. Meio ambiente e desenvolvimento sustentável: o mundo na encruzilhada da história. **Revista Espaço Acadêmico**, ano 2, n.14, jul. 2002.

ROCKSTRÖM, J. et al. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. **Ecology and Society**, v. 14, n. 2, 2009. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/26268316>. Acesso em: 15 maio 2018.

SABESP. **Estudo de concepção e projeto básico do sistema produtor São Lourenço**. 2011. Disponível em: http://www.sabesp.com.br/ppp_sao_lourenco/SPSLprogramacompensacaoambientaldossie.pdf Acesso 12 Ago. 2020

SABOGAL PAZ, L. P. **Modelo conceitual de seleção de tecnologias de tratamento de água para abastecimento de comunidades de pequeno porte**. 2007. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

SABOGAL PAZ, L. P.; DI BERNARDO, L. D. Seleção de tecnologias de tratamento de água em função do risco e eficiência das ETAs. **Revista AIDIS**, v.1, n. 3, 2007.

SAKAMOTO, J. A. **Seleção de tecnologias de tratamento de água para pequenas e médias comunidades brasileiras considerando aspectos ambientais**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SANTOS, G. Z. B.; MELO FILHO, J. A.; MANZATO, L. Perspectivas de aplicações tecnológicas de lodo gerado no processo de tratamento de água dos rios Negro e Solimões. **Revista Matéria**, v.23, n.3, 2018.

SÃO PAULO.DECRETO N. 47.400, DE 4 DE DEZEMBRO DE 2002. Regulamenta dispositivos da Lei Estadual n.º 9.509, de 20 de março de 1997, referentes ao licenciamento ambiental, estabelece prazos de validade para cada modalidade de licenciamento ambiental e condições para sua renovação, estabelece prazo de análise dos requerimentos e licenciamento ambiental, institui procedimento obrigatório de notificação de suspensão ou encerramento de atividade, e o recolhimento de valor referente ao preço de análise. **Secretaria de Estado do Governo e Gestão Estratégica**, São Paulo, 2002.

SENADO FEDERAL. **ONU estabelece três pilares para o desenvolvimento sustentável dos países: econômico, social e ambiental**. 2020. Disponível em: <http://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/rio20/temas-em-discussao-na-rio20/onu-estabelece-tres-pilares-para-o-desenvolvimento-sustentavel-dos-paises-economico-social-e-ambiental.aspx>. Acesso: 12 ago. 2020.

SILVA, E. P. T.; LOPES, A. T. R. Evidenciação dos indicadores de sustentabilidade e certificações nos relatórios contábeis de uma empresa de saneamento básico. **LUME Repositório Digital**, 2018.

SILVA, I. R. G. **Avaliação quantitativa do tratamento da água utilizando os coagulantes tanino e cloreto férrico**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2019.

SILVA, M. A. M.; BERTOLDI, M.R. Educação ambiental para a cidadania, instrumento de realização do direito a um meio ambiente equilibrado no Brasil e em Portugal. **Veredas do Direito**. v.13, n.27, p. 291-314, dez., 2016.

SILVA, S. M. C. P.; FERNANDES, F. CO-COMPOSTAGEM DE BIOSÓLIDOS, LODO DE TRATAMENTO DE ÁGUA E RESÍDUOS DE PODAS DE ÁRVORES. In: XXXVI Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2018, Guayaquil - Equador. **Anais [...]** São Paulo: Associação Interamericana de Engenharia Sanitária e Ambiental (AIDIS), 2018.

SILVEIRA, C.; KURODA, E. K.; ABE, C. H.; YOSHIKI, L.; HIROOKA, E. Y. Desaguamento do lodo de estações de tratamento de água por leito de drenagem/secagem. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.20, n.2, p.297-306, abr/jun 2015.

SINDICATO NACIONAL DAS CONCESSIONÁRIAS PRIVAS DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ÁGUA E ESGOTO. **Prêmio sustentabilidade revela os vencedores da**

edição 2019 em noite de celebração e reconhecimento. 2019. Disponível em: <https://www.abconsindcon.com.br/noticias/premio-sustentabilidade-revela-os-vencedores-da-edicao-2019-em-noite-de-celebracao-e-reconhecimento/>. Acesso em: 15 out. 2020.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Abastecimento de água - 2018.** 2020. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-abastecimento-agua>. Acesso em: 12 ago. 2020.

SKORONSKI, E.; NIERO, B.; FERNANDES, M.; ALVES, M. V.; TREVISAN, V. Estudo da aplicação de tanino no tratamento de água para abastecimento captada no rio Tubarão, na cidade de Tubarão, SC. **Revista Ambiente & Água**, v.9, n.4, p.679-687, 2014.

SOARES, L. V.; ACHON, C. L.; MEGDA, C. R. Impactos ambientais provocadas pelo lançamento in natura de lodo provenientes de Estações de Tratamento de Água. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável, 2004, Florianópolis. **Anais [...]** São Paulo: Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável (ICTR), 2004.

TAVARES, J. L. O Saneamento ambiental e a sustentabilidade socioambiental como ferramentas para a obtenção do desenvolvimento sustentável. In: ENCONTROS DE SOCIOECONOMIA DO MEIO AMBIENTE E POLÍTICA AMBIENTAL, 2014, Natal. **Anais [...]**. Natal: UFRGN, 2014.

VANACÔR, R. N. **Avaliação do coagulante orgânico Veta Organic utilizado em uma estação de tratamento de água para abastecimento público.** 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

VERONEZ, F.; MONTAÑO, M. Análise da qualidade dos estudos de impacto ambiental no estado do Espírito Santo (2007-2013). **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 43, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v43i0.54180>. Acesso em: 14 maio 2018.

VOLKMER, J. R.; ALVES, A. A. A.; TONES, A. R. M.; SANTOS, B. L. B. Qualidade da água de abastecimento público tratada por sistema convencional de um município localizado na região noroeste do Rio grande do Sul. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 11., 2018, Porto Alegre. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: ABES, 2018.

VOTRE, R. **Automação no controle de perdas e redução de impactos ambientais em sistemas de abastecimento de água.** 2014. Dissertação (Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial) – Universidade Federal de Paraná, Curitiba, 2014.

WIVALDO, J. N. S.; MOREIRA, E. O.; SILVA, J. J. C. Políticas públicas e gestão ambiental para conservação dos recursos hídricos: reflexões sobre a crise hídrica em Minas Gerais. **Revista de Discentes de Ciência Política da UFSCAR**, v. 6, n.3, 2018. Doi: <https://doi.org/10.31990/10.31990/agenda.ano.volume.numero>.

WOOD, C. **Environmental impact assessment: a comparative review.** 2.^{ed}. London: Pearson-Prentice Hall, 2003.

ZANGALLI, P. C. Sustentabilidade urbana e as certificações ambientais na construção civil. **Sociedade & Natureza**, v.25, n.2, p. 291-302, 2013.

Apêndice A

A RBS é uma ferramenta de busca e análise de artigos e é considerada a primeira etapa das pesquisas científicas, servindo como uma forma rigorosa de melhoria da confiabilidade da revisão, permitindo a repetição de ciclos contínuos até que sejam alcançados os objetivos propostos (CONFORTO, AMARAL, SILVA, 2011).

A primeira etapa da RBS é de planejamento, onde é identificado a necessidade de uma revisão sistemática, os objetivos da pesquisa, a seleção da fonte de busca e palavras-chave. A segunda etapa é de execução, onde os estudos científicos relacionados ao tema são identificados, coletados e organizados, assim, pode-se determinar critérios de inclusão e exclusão aplicados aos estudos seguindo duas etapas (FELIZARDO, et al., 2009):

- Leitura do título, resumo e conclusão;
- Leitura do texto completo.

Com os resultados coletados, pode-se extrair as informações contidas nos estudos identificados como incluídos (FELIZARDO, et al., 2009). Dentre as vantagens da utilização do método RBS estão a economia de tempo, de recursos e a possibilidade de identificar lacunas que não foram identificadas em estudos semelhantes, mas podem ser exploradas por outros pesquisadores (CONFORTO, AMARAL, SILVA, 2011).

Os autores Peters *et al.* (2015) indicam a metodologia do Scoping Review em casos onde a literatura de um tópico não foi ainda totalmente revisada ou tem uma natureza complexa e heterogênea, não compreendida por métodos de revisões sistemáticas. Considerando que uma revisão sistemática típica visa responder uma pergunta ou um conjunto de perguntas específicas de acordo com um conjunto de fatores, o *scoping review* busca uma abordagem mais vasta, com o objetivo de mapear a literatura e abordar uma questão de pesquisa mais ampla (ARKSEY; O'MALLEY, 2005; PETERS *et al.*, 2015).

Segundo Arksey e O'Malley (2005), existem quatro razões para esta abordagem metodológica ser usada: (1) examinar a extensão, o alcance e a natureza da atividade de pesquisa; (2) determinar o valor de empreender uma revisão sistemática completa; (3) resumir e divulgar resultados de pesquisas; e, (4) identificar lacunas de pesquisa na literatura existente.

Peters *et al.* (2015) também indica a utilização desta metodologia para analisar uma área mais ampla, identificar lacunas na base de conhecimento de pesquisa e esclarecer conceitos-chave. O *scoping review* deve ser realizado com rigor e transparência, ou seja, o

processo deve ser documentado e detalhado. Deve também incorporar o uso de bancos de dados acadêmicos, juntamente com o uso de critérios de inclusão e exclusão que ajudarão a filtrar os resultados, como parte de um processo iterativo (ARKSEY; O'MALLEY, 2005). Os autores também sugerem estas cinco etapas para conduzir um estudo de escopo: (1) identificar a questão de pesquisa, (2) identificar estudos relevantes, (3) estudar a seleção, (4) mapear os dados e, (5) comparar, resumir e relatar os resultados

Apêndice B

Autor	Ano	Métodos	Resultados	Ações mitigadoras	Impacto mitigado	Práticas sustentáveis
VANACÔR, R. N.	2005	Comparação de resultados de Estudos de Casos	O Veta Organic apresentou variações maiores de dosagem em comparação com o Sulfato de Alumínio (devido a características do produto, processo de fabricação- falta de controle de qualidade), o sulfato de alumínio apresentou maiores concentrações de metais na água, o Veta Organic apresentou um floco que tende a se fixar mais no leito filtrante em relação ao floco gerado com sulfato de alumínio. O lodo de Vet Organic é passível de disposição no solo	Uso de coagulantes orgânicos	Impactos relacionados à fabricação de Produtos químicos; Riscos de poluição e contaminação dos solos, das águas superficiais e subterrâneas decorrentes de possíveis acidentes durante o inadequado manuseio e/ou armazenamento	Estudo da água bruta; Capacitação dos técnicos operacionais; Ensaios regulares de Jarrest; Utilização de coagulantes orgânicos;
SILVA, I. R. G.	2019	Ensaios de laboratório com Jarrest utilizando água bruta proveniente do Rio Jacutinga	Foi verificado que os parâmetros de remoção de cor e turbidez são maiores quando o coagulante Tanino Vegetal é aplicado	Uso de coagulantes orgânicos	Impactos relacionados à fabricação de Produtos químicos; Riscos de poluição e contaminação dos solos, das águas superficiais e subterrâneas decorrentes de possíveis acidentes durante o inadequado manuseio e/ou armazenamento	Estudo da água bruta; Capacitação dos técnicos operacionais; Ensaios regulares de Jarrest; Utilização de coagulantes orgânicos;
FREITAS, J. G. et al	2005	Regeneração do coagulante pelo lodo do decantador utilizando ensaios variando pH e tempo (Diferentes tempos de acidificação), o objetivo foi estudar a cinética da reação e determinar o tempo que proporcionasse resultados adequados e ensaios jarrest	O coagulante recuperado apresentou concentração de Ferro menor do que o comercial, a qualidade da água bruta influencia nos resultados, o desempenho foi maior do que o comercial, 6% mais barato que o comercial por reduzir o lodo do decantador (Os resultados são particulares para cada ETA)	Recuperação do coagulante	Impactos relacionados à fabricação de Produtos químicos; Riscos de poluição e contaminação dos solos, das águas superficiais e subterrâneas decorrentes de possíveis acidentes durante o inadequado manuseio e/ou armazenamento	Estudo da água bruta; Possibilidade de cooperação com Estações de Tratamento de Esgoto para recuperação de coagulantes; Possibilidade de cooperação com Indústrias de extração de Bauxita (Recomeço do Ciclo de Vida)

FRANCO, E. S.	2009	Ensaio de laboratório com Jarrest utilizando água bruta, classificar parâmetros e determinar o ponto ótimo de aplicação em duas etapas	Há necessidade de se estudar as características da água bruta e determinar a dosagem certa de coagulante através de Jarrest e ensaios, capacitar os operadores para que eles sigam as recomendações e ensaios. Essa boa prática diminui o lodo do decantador e riscos de contaminação	Gestão de dosagem	Impactos relacionados à fabricação de Produtos químicos; Riscos de poluição e contaminação dos solos, das águas superficiais e subterrâneas decorrentes de possíveis acidentes durante o inadequado manuseio e/ou armazenamento	Estudo da água bruta; Ensaio regular de Jarrest;
SKORONSKI, R. et al	2014	Foram avaliados parâmetros como concentração de tanino, cor aparente, turbidez, alcalinidade, fenóis e volume de lodo gerado. As amostras foram coletadas, foram realizados ensaios de tratabilidade com jarrest,	Os resultados motivam estudos mais profundos sobre a viabilidade de aplicação do tanino como coagulante, sobretudo em relação aos efeitos tóxicos de compostos que possam ser agregados à água após do tratamento. Os coagulantes a base de tanino não consomem significativamente a alcalinidade do meio, além de poder ser aplicado em faixa de pH maiores (4,5 a 8)	Gestão de dosagem Uso de coagulante orgânico	Impactos relacionados à fabricação de Produtos químicos; Riscos de poluição e contaminação dos solos, das águas superficiais e subterrâneas decorrentes de possíveis acidentes durante o inadequado manuseio e/ou armazenamento	Avaliação de parâmetros para aplicabilidade; A concentração ótima para coagulação e floculação é influenciada pela qualidade da água bruta Ensaio de toxicidade do efluente Utilização de coagulantes orgânicos
FRANCCISCO, A. A; POHLMANN, P.H. M.; FERREIRA, M.A.	2011	Controle de processos (O autor relacionou as etapas de tratamento com seus respectivos parâmetros de projeto, indicadores de referência e fatores que influenciam na eficiência dos processos)	Tabela de fatores (determinação da qualidade e eficiência do tratamento) Indicadores para o monitoramento da qualidade do processo, principalmente pelos processos da ETA influenciar um no outros por serem sequenciais	Indicadores de eficiência	Impactos relacionados à fabricação de Produtos químicos; Riscos de poluição e contaminação dos solos, das águas superficiais e subterrâneas decorrentes de possíveis acidentes durante o inadequado manuseio e/ou armazenamento	Estudo da Água Bruta (Eliminação e monitoramento dos fatores que influenciam a eficiência)
ACHON, C. L.; BARROSO, M.M.; CORDEIRO, J.S.	2013	levantamento bibliográfico, visitas a campo, formulário para diagnóstico e coleta de dados, convergindo para a seleção de variáveis e elaboração de indicadores (7), relacionados aos resíduos Lodo e ALAF	Este trabalho propõe a obtenção de indicadores que viabilizassem a gestão dos resíduos da eta, explicitou-se a dificuldade em se obter dados, a grande maioria das etapas não mede a quantidade de resíduos gerados e muito menos avalia suas características, não contemplou a possível obtenção de indicadores	Alternativas de descarte dos resíduos; Conhecimento das características físicas, químicas e biológicas dos lodos; Condições operacionais do sistema; Condições e periodicidade das limpezas de filtros e decantadores;	Impactos relacionados à fabricação de Produtos químicos; Riscos de poluição e contaminação dos solos, das águas superficiais e subterrâneas decorrentes de possíveis acidentes durante o inadequado manuseio e/ou armazenamento	Estudo da água bruta; Ensaio regular de Jarrest; Caracterização do lodo dos decantadores e filtros; Estratégias de limpeza dos decantadores

OLIVEIRA, F.S.; LOBO, M.G.	2010	Propor elementos que agreguem valor a questão ambiental dentro de uma organização Matriz de aspectos e impactos ambientais e respectivo plano de ação	Quadro de boas práticas que relaciona os aspectos, impactos e legislação vigente	Monitoramento do sistema	Diminuição dos riscos de contaminação; Diminuição dos riscos de incêndios;	Caracterização dos resíduos; Controle de vazamento de cloro; Realizar ensaios de toxicidade do efluente Atento ao enquadramento e classificação dos cursos d'água;
LOPES, V.C.; LIBANIO, M.	2005	Classifica o desempenho das estações por meio de métodos numéricos e método Delphi	Principais parâmetros elencados pelos especialistas: Mistura rápida (Gradiente e tempo), floculação (gradiente, tempo, tipo de floculadores e velocidade), decantação (Taxa de aplicação, Vs, Vl e gradiente), filtração (tipo, volume de água de lavagem dos filtros, volume filtrado, desinfecção (Cloro residual, pH e Tc), Operação (GI e Jar test)	Monitoramento do sistema	Diminuição dos riscos de contaminação; Aumento da eficiência da ETA	Parâmetros de monitoramento para Mistura rápida, Floculação, Decantação, Filtração, Desinfecção e Operação
CESAN	2013	Não informado	Destinação do lodo retido nos decantadores; Consumo adicional de água para a lavagem dos filtros; Destinação das águas de lavagem dos filtros; Riscos de acidentes no manuseio dos produtos de desinfecção da água.	Monitoramento do sistema	Riscos de poluição/ contaminação dos solos e das águas superficiais e subterrâneas; Riscos à saúde pública, à fauna e flora; Riscos à saúde pública e à comunidade aquática	Ensaios regulares de Jarrest, caracterização do lodo dos decantadores e caracterização da água de lavagem dos filtros

CETESB		Não informada	Recomendações de informações e práticas quanto os resíduos gerados nas ETAs	Monitoramento do sistema	Diminuição do risco de contaminação dos mananciais e água bruta captada;	Caracterização da água bruta (parâmetros físicos, químicos e hidro biológicos) - Atenção as atividades industriais e uso agrícola intenso; Plano de inspeção e manutenção; Plano de monitoramento da qualidade da água bruta e tratada; Caracterização qualitativa e quantitativa de lodo; Disposição final do lodo bem definida
CEDAE	2017	Boas práticas do CEDAE	Boas práticas quanto o ambiente de captação, redução de perdas e estudos dos resíduos de ETAs junto com ETE para produção de substrato para as plantas, Estudo para substituição do Cloro gás em etas de pequeno e médio porte.	Incorporação do lodo de ETA (25%) com lodo de ETE (75%) para produção de adubo; Controle das pressões na rede;	Diminuição dos riscos de contaminação; Diminuição dos riscos de incêndios; Diminuição do desperdício; Diminuição dos resíduos sólidos;	Reaproveitamento do lodo; Sistema integrado de gestão de perdas; Distritos de Medição e Controle; Substituição regular de hidrômetros; Cálculo do balanço hídrico; Equipe de monitoramento de vazamentos; Substituição do cloro gás por hipoclorito de cálcio em tabletes;
PREFEITURA MUNICIPAL DE MORUNGABA	2013	PMSB	Diagnóstico e análise do sistema, intervenções de diminuição do índice de perdas	Controle das pressões na rede; Macromedição e pitometria; Modelação hidráulica;	Diminuição do desperdício; Diminuição da demanda de consumo de recursos hídricos;	Equipe de monitoramento de vazamentos; Substituição regular de hidrômetros; Dimensionamento adequado dos hidrômetros; Gestão do índice de hidrometração e vazão (pitometria); Distritos de Medição e Controle; Modelo hidráulico do cadastro técnico;

CAGECE	2005	Estudo de Impacto Ambiental	Boas práticas para operação da ETA envolvendo um Plano de Controle Ambiental	Acompanhamento dos processos operacionais; Estudos de infraestrutura na rede; Manutenção dos maquinários; Planejamento de estocagem; Normas de segurança do trabalho; Capacitação dos operadores; Acompanhamento jurídico dos processos de licenciamento;	Diminuição dos riscos de acidentes; Diminuição do ruído; Diminuição dos riscos de contaminação; Diminuição do desperdício; Diminuição da demanda de consumo de recursos hídricos;	Capacitar os operadores; Estudos de infraestrutura; Manutenção dos maquinários; Gestão de armazenamento de produtos químicos; Segurança do Trabalho; Regularização de licenças;
VOTRE, R.	2014	Controle de pressão automatizado (Citou os impactos ambientais gerados pelo sistema)	Controle de pressão automatizado (Citou os impactos ambientais gerados pelo sistema)	Controle das pressões na rede; Macromedição e pitometria; Modelação hidráulica;	Diminuição do desperdício; Diminuição da demanda de consumo de recursos hídricos;	Equipe de monitoramento de vazamentos; Substituição regular de hidrômetros; Dimensionamento adequado dos hidrômetros; Gestão do índice de hidrometração e vazão (pitometria); Distritos de Medição e Controle; Modelo hidráulico do cadastro técnico;
JANUÁRIO, G. F.; FERREIRA FILHO, S. S. F.	2007	Estudo de caso, quantificação e caracterização do lodo para melhor classificação da disposição final	O autor avaliou que as melhores tecnologias de disposição para este estudo de caso seria: Aterros, aplicação no solo para estabilização, produção de material cerâmico, lançamento no sistema de esgotamento sanitário, recuperação de coagulante e incineração	Caracterização do lodo; Estudo das disposições possíveis;	Redução dos riscos de contaminação; Riscos de poluição/ contaminação dos solos e das águas superficiais e subterrâneas	Caracterização do lodo; Estudo para correta disposição dos mesmos (Aterros, agricultura, material cerâmico, ETE, incineração e recuperação de coagulante)

BITTENCOURT, S. et al	2012	Experimento: solo degradado perto da ETE 21 unidades experimentais no solo degradado ao lado da ETE (variando em 3 doses dos lodos e proporção entre ETE e ETA) aplicado a produção de milho	Não houve influência no desenvolvimento vegetal do milho, a aplicação do lodo não alterou as características do lodo, na presença de lodo de ETE a aplicação de lodo de ETA foi favorável à dinâmica do N no solo até a dose de 37 Mg/há, a aplicação do lodo da ETE neutralizou o Al e alterou pH, Ca, H+Al, C, P e V% do solo. Indica-se "aplicação controlada no solo", não causa impactos, mas também não apresenta potencial de melhoria nos atributos de fertilidade do solo	Caracterização do lodo do decantador para possível aplicabilidade no solo;	Redução dos riscos de contaminação	Caracterização do lodo; "Aplicação controlada no solo" - Viabilização de descarte em solos degradados (não causa impacto, mas não aumenta fertilidade)
BUSELATTO, D. M. et al	2019	Foram avaliados os efeitos dos teores na substituição de 2.5%. 5%. 7.5% e 10% em massa e da relação a/c nas propriedades físicas e mecânicas (massa específica, porosidade, absorção de água por imersão, resistência à compressão axial e à tração por compressão diametral) em diferentes idades	Com a dosagem adequada pode-se inserir o material em concretos, se consideradas apenas as propriedades analisadas. O lodo pode ser empregado como agregado miúdo em concretos após ser moído e calcinado Para secar: Caracterização da temperatura desejável através de ensaio termogravimétrico (TGA) e forno (110°C); Moer: moinho vertical com pás circulares O lodo diminuiu a massa específica e aumento tanto a porosidade quanto a absorção dos compósitos, em função da elevada absorção d'água do material A substituição de areia por 5% de lodo de ETA acarretou uma diminuição de 5.3% para cada m³ de consumo de material não renovável por lodo de ETA Necessidade de ensaios específicos de durabilidade para ratificar a possibilidade de emprego em maior escala	Caracterização do lodo do decantador para possível aplicabilidade na construção civil;	Redução dos riscos de contaminação; Redução do consumo de recursos naturais;	Caracterização do lodo; "Aplicação no cimento" - Viabilização de descarte aplicado ao cimento em proporção de 5%
SANTOS, G. Z. B.; MELO FILHO, J. A. M.; MANZATO, L.	2018	Levantamento de dados sobre a produção de lodo, Caracterização do mesmo, secagem em estufa e calcinação	os resultados são sugestivos de que o lodo gerado, se devidamente beneficiado, pode ser inserido na cadeia produtiva da construção civil. Sugere-se que o resíduo possa ser utilizado como substituto parcial de argilas, na produção de material cerâmicos, substituto parcial do cimento Portland, em	Caracterização do lodo do decantador para possível aplicabilidade na construção civil;	Redução dos riscos de contaminação; Redução do consumo de recursos naturais;	Caracterização do lodo; "Aplicação no cimento, cerâmicas e argamassas" - A partir da devido beneficiamento

			pastas, argamassas e concretos; aditivo mineral ou pozolana artificial; precursor ou agregado polimérico.			
FERNANDEZ, L. P. et al	2018	Coleta e caracterização do lodo, centrifugação do lodo e comparação com os traços do concreto	Levando em consideração as condições de dosagem e moldagem, constata-se que a adição de lodo em teores de até 5% é viável na fabricação de peças de concreto para pavimento intertravado	Caracterização do lodo do decantador para possível aplicabilidade na construção civil;	Redução dos riscos de contaminação; Redução do consumo de recursos naturais;	Caracterização do lodo; "Aplicação na fabricação de concreto para pavimento intertravado" - A partir da centrifugação e teor máximo de 5%
GANDIA, R. M. et al	2019	Os lodos coletados foram aplicados em porcentagens de 0, 1, 3, 5 e 7% em massa em solo com 35 dias em retângulos. Após o período 7 propriedades físicas, mecânicas e térmicas foram testadas (densidade aparente, encolhimento linear, absorção de água, capilaridade, força de compressão e condutividade térmica)	A aplicação aumentou a densidade aparente, acima de 3% a absorção de água desestabiliza o adobe e perde massa, a capilaridade por absorção aumentou, um aumento no número de fissuras, não influencia na resistência a compressão até 7%, não influencia na passagem de calor. O Uso do lodo foi possível em até 3% em massa mantendo suas propriedades térmicas, físicas e mecânicas	Caracterização do lodo do decantador para possível aplicabilidade na construção civil;	Redução dos riscos de contaminação; Redução do consumo de recursos naturais;	Caracterização do lodo; "Aplicação na fabricação de adobe" - Teor máximo de 3% em massa
SILVA, S. M. C. P./ FERNANDES, F.		Foi feita uma mistura com 2.160 Kg de lodo de ETE, 2.208 KG de resíduos de podas de árvores e 5,2KG de lodo de ETA sem desidratação (Revolvimento manual a cada 5 dias nas leiras de perfil triangular com 2m de base, 1,80 de altura e 6,0m de comprimento, sendo 3 leiras da mesma composição)	A aplicação é viável e para aumentar a proporção de lodo na mistura basta desidratar antes	Caracterização do lodo do decantador para possível aplicabilidade no solo;	Redução dos riscos de contaminação;	Caracterização do lodo; "Aplicação na compostagem" - Viável perante desidratação prévia
SILVEIRA, C. et al	2015	Avaliação do sistema de desaguamento por leito de drenagem com manta geotêxtil dos lodos dos decantadores de duas ETAs em ensaios de laboratório e escala reduzida. Foram considerados: taxa de aplicação de sólidos, densidade da massa, taxa	Reaproveitamento da água drenada por meio do leito para produção de água tratada na própria ETA, na fase de secagem foi possível reduzir o volume ou aumento de teor de sólidos da torta de lodo retida sob condições críticas de secagem - inverno e exposição natural sem proteção à ação de intempéries e duração de 7 a 13 dias, com	Equipamento de drenagem e secagem do lodo;	Reaproveitamento da água drenada para tratamento e distribuição; Redução dos riscos de contaminação;	Manta geotêxtil - leito de drenagem/secagem

		de aplicação volumétrica e secagem em diferentes condições climáticas	valores de teor de sólidos da mesma ordem de grandeza que os obtidos por desaguamentos mecânicos. Temperatura, umidade do ar, ventilação e radiação solar influenciam na secagem do lodo			
PIEPER, K. M. C.	2008	Propõe uma análise da utilização da bolsa geotêxtil através de uma unidade teste projetada para bombear o lodo da lagoa para um tanque de equalização, para posteriormente ser bombeado através de chicanas para o Bag. Foi realizada uma análise da eficiência nos processos de deságue e avaliação das qualidades do material drenado e dos resíduos geocondicionados; e a indicação de alternativas de reuso para o fluído e os resíduos sólidos gerados. Foram realizados ensaios com os bags suspensos e bags disposto ao solo.	Os bags devem ser projetados e especificados corretamente. Crescente necessidade de adequação dos decantadores convencionais, através da utilização de um sistema de sucção de fundo dos resíduos sólidos gerados, como forma de reduzir o volume de resíduos a serem tratados. A eficiência no processo de secagem pode ser uma forma de garantir a redução dos teores de umidade e manter a classificação ambiental dos resíduos gerados. Alumínio, nitrogênio e sílica apresentaram tendência natural de concentração na fase sólida. Igualmente, os teores de ferro de manganês tendem a manter um aumento de concentração na água drenada (necessário tratamento). É necessário avaliar constantemente a qualidade da água bruta. Caracterização dos resíduos gerados. Bag disposto sobre o solo	Tanque de equalização; Bags geotêxtis; Tratamento da água drenada;	Reaproveitamento da água drenada para tratamento e distribuição; Redução dos riscos de contaminação;	Equalização do lodo e Bag - Manta geotêxtil * Projeto e especificações do bag * Necessidade de adequação dos decantadores para redução do volume de resíduos * Processo de secagem eficiente * Caracterização da água bruta frequentemente * Caracterização dos resíduos gerados frequentemente
MENDES, R. L.; FERREIRA, S. S.; SCIAN, J. B.	2001	Ensaio em escala piloto. Lodo pré-condicionado com polímeros no recalque da bomba de alimentação, para o pré-adensamento foi utilizado o filtro esteira, a faixa de variação do teor de sólidos do lodo adensado compreendeu valores entre 3.5% e 4.5%. No sistema de desaguamento foi utilizado o polímero catiônico com alta carga e alto peso molecular e, no sistema de pré-dimensionamento, aniônico de	O condicionamento com polímero catiônico de alto peso molecular e alta carga proporciona características de boa filtrabilidade e desaguamento. O filtro prensa operando nas concentrações de 0,3 a 0,6% apresentou baixo consumo com a média de 2,2 Kg/ Ton de massa seca. Foram obtidas tortas com teores de sólidos próximos a 30% compactas e secas, com boa soltura dos elementos de filtragem e com boa captura de sólidos	Utilização de Filtro prensa	Redução dos riscos de contaminação;	Filtro prensa * Polímero catiônico * Processo de secagem eficiente

		media carga e de médio peso molecular.				
PRIM, E. C. C.	2011	Caracterização do lodo, estabilização alcalina como forma de higienizar o lodo antes de torná-lo um produto de cobertura de aterro, restantes diferentes percentuais de mistura de lodo/alcalinizante. O material selecionado foi testado em piloto que simulou uma célula de aterro, a fim de verificar a influência na composição do líquido percolado gerado	É ambientalmente viável se higienizar o lodo com teores de cal abaixo do que se recomenda para uso como biosólidos. Ao adicionar solo argiloso na mistura ao lodo higienizado, o comportamento geotécnico se assemelha a um solo natural usado em cobertura de aterro. O uso como material de cobertura intermediária na proporção de LETA:LETE:CaO:Solo de 0.425:0.425:0.15:1 não altera a composição do percolado gerado no aterro. Ficou comprovada sua viabilidade econômica	Cobertura de aterros	Redução dos riscos de contaminação;	Cobertura de aterros *Higienização do lodo *Caracterização do lodo *Devidas proporções LETA, LETE, Cal e solo
PROSAB	2001	Foram estudados os lodos das ETAs das cidades de Araraquara, São Carlos e Rio Claro	Leitos de secagem e aplicação da construção civil se mostrou viável economicamente e ambientalmente desde que planejada e executada de forma precisa	Leitos de secagem; Aplicação da construção civil	Redução dos riscos de contaminação; Aumento da disponibilidade de matéria prima e recursos naturais;	Leitos de secagem *Etapas de secagem Aplicação da construção civil *Tratamento prévio

SOARES, L. V.; ACHON, C. L.; MEGDA, C. R.	2004	Diagnóstico do manancial, identificação dos impactos ambientais, alternativas de tratamento e disposição dos resíduos, aspectos legais sobre a questão ambiental e proposição de ações mitigadoras. A metodologia de Rede de Interação foi utilizada para a identificação dos impactos. Estimativa de quantificação do resíduo	As ações mitigadoras propostas foram: Fabricação de cimento, tijolos, cultivos de grama comercial, solo comercial e plantação de cítricos. Melhoria da sedimentabilidade em águas de baixa turbidez, há também a possibilidade de reunir os rejeitos advindos do lodo das ETAs com conjunto com os resíduos da construção civil. Há outras disposições como aterro sanitário, como disposição com biossólido, incineração dos resíduos e disposição em ETE. Conhecimento dos aspectos legais que regem a disposição dos resíduos.	Fabricação de cimento, tijolo, solo comercial, resíduos da construção civil em lodos de ETAs, melhoria da sedimentabilidade em águas de baixas turbidez, cultivo de gramas, plantação de cítricos, disposição em aterro sanitário, disposição com biossólidos, incineração dos resíduos, disposição em ETE e pleno conhecimento dos aspectos legais	Redução dos riscos de contaminação; Aumento da disponibilidade de matéria prima e recursos naturais;	Caracterização do lodo * Característica da água bruta, escolha e dosagem do coagulante Quantificação do lodo * Tabela de resultados - Faixa de produção de acordo com o tipo de manancial
MOREIRA, B. S.	2019	Estimativa de quantificação do lodo, caracterização do lodo (coleta das amostras, DQO, temperatura, pH, sólidos totais dissolvidos, sólidos sedimentáveis, turbidez, condutividade elétrica, densidade e potencial de oxi-redução -técnicas de análise de estrutura cristalina, das características superficiais, químicas e morfológicas do material). Aplicação como adsorvente de Arsênio: estudo do pH, cinética de adsorção e isoterma de adsorção (técnicas de análise de difração de raios-X, microscopia Eletrônica de Varredura (MEV-RDS), espectroscopia de infravermelho, determinação da área superficial por método de BET e o PH de Ponto de Carga Zero	O lodo pode ser usado como um adsorvente para remoção de As (V) de soluções aquosas, o processo de adsorção é influenciado pelo pH da solução, sendo que em pH 2,0 obteve-se a máxima adsorção. A adsorção de arsênio pelo lodo foi dependente do tempo de contato, mostrando uma cinética de adsorção de tempo moderado. Após esse tempo há diminuição da capacidade de adsorção devido a saturação dos sítios ativos. Possibilidade de ser empregado em processos de remoção de As (V) por exemplo em efluentes industriais com pH ácido (processos minero-metalúrgicos, merecendo destaque a drenagem ácida de mina, caracterizada pelos altos teores de metais dissolvidos e baixo pH	Aplicação no tratamento de efluentes industriais (baixo pH e alta concentração de metais)	Redução dos riscos de contaminação;	Caracterização do lodo *Parâmetros de caracterização Quantificação do lodo *Método de quantificação Estudo para utilização em adsorção de arsênio *Parâmetros de análise e ensaios de bancada

FERREIRA FILHO, S. S.;WAEKENS, D. E.	2009	Estimativa de quantificação do lodo (fórmulas). Equalização do lodo. Ensaio experimentais de bancada e jarrest.	A produção de lodo oriunda da aplicação do sulfato férrico como coagulante esteve em torno de 0,57 mg de massa seca para cada mg de $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, sendo ligeiramente inferior ao valor teórico esperado, de 0,71 mg/mg. A respeito ao CPA, obtiveram-se valores de produção de lodo de 4,75 mg de massa seca para cada 1 mg de Al, resultado mais próximo do valor teórico de 4,22 mg/mg. Observou-se que a produção de lodo do CPA apresentou valores próximos quando comparado ao sulfato de alumínio e, dessa forma, é possível afirmar que ambos os coagulantes apresentam comportamento semelhante com respeito à produção de lodo. Quando possível a disposição de lodos de ETAs via rede coletora de esgotos sanitários para posterior processamento em ETEs, espera-se que a qualidade do lodo desidratado sofra significativas alterações em sua qualidade físico-química, com função do tipo e dosagem de coagulante, bem como de suas principais impurezas, notadamente, metais pesados. A eventual disposição dos lodos da ETA ABV para posterior processamento na ETE Barueri deverá elevar as concentrações de Fe e Al no lodo desidratado, esperando-se que se situem em torno de 64 e 7 g/kg, respectivamente	Encaminhamento do lodo para a ETE	Redução dos riscos de contaminação;	Caracterização do lodo Quantificação do lodo Estudo para tratamento em ETE *condições necessárias do lodo
KATAYAMA, V. T. et al	2015	Investiga a prática disseminada de se estimar a concentração de sólidos em suspensão totais na água bruta por meio de modelos de regressão linear com a turbidez como variável independente e delinear condições para aplicação dessa correlação.	Para ETAs já existentes, raciocínio similar se aplica. Descartada a possibilidade de uso de modelos de regressão baseados em turbidez para a estimativa de SST, a realização de balanço de massa oferece precisão e representatividade na estimativa superiores as das fórmulas empíricas.	Quantificação do lodo por balanço de massa	Redução dos riscos de contaminação;	Quantificação do lodo

FEITOSA, C. A. G.; CONSONI, A. J.	2008	Gestão da qualidade da água bruta, mudança de processo (otimização do ponto de aplicação do coagulante, ajustes nos floculadores e decantadores, mudança de tecnologia), reuso in situ da água de descarga dos decantadores, reaproveitamento da água de lavagem dos filtros, recuperação de coagulante (acidificação do lodo) * redução de perdas na distribuição e orientações para o uso racional da água não estão ligadas diretamente a produção de lodo mas reduzem o consumo, o que consequentemente, reduz a geração de lodo	A aplicação dos conceitos de R2/ P+L é perfeitamente viável na ETA. As ações na represa tiveram maior eficácia na redução dos resíduos. A turbidez da água bruta é responsável pela maior parcela dos resíduos formados dos decantadores e filtros. Gestão dos recursos hídricos - zoneamento, infraestrutura e ocupação da bacia Dimensionamento dos canais de floculação estudo da geometria da chegada de água bruta Forma de lançamento do coagulante (pressurizada e imersa)	Controle da água bruta; Gestão de recursos hídricos; Estudo hidráulico; Redução de perdas; Uso Racional; Recuperação do coagulante	Risco de contaminação; Diminuição do consumo de recursos naturais; Diminuição de PQ; Redução de gastos com energia; Redução do consumo de água dentro da ETA;	Caracterização da água bruta Gestão de recursos hídricos - zoneamento e ocupação da bacia Geometria do canal de chegada Estudo dos canais de floculação Forma de lançamento do coagulante Redução de perdas Uso racional da água Reaproveitamento da água de lavagem dos filtros Recuperação de coagulante
OLIVEIRA, I. Y. Q.	2017	revisão bibliográfica com o intuito de analisar a relação da qualidade da água bruta e do volume de lodo de ETA gerado considerando o manancial escolhido, os potenciais tóxicos vigentes e a composição físico-química do lodo. Tabela de quantificação do lodo.	Informações sobre a disposição de lodo em corpos hídricos no Brasil. Acompanhamento histórico das condições de uso de ocupação do corpo hídrico; Caracterização da qualidade da água bruta (parâmetros físico, químicos e biológicos); Na escolha de mananciais futuros, avaliar a geração de resíduos como fator importante a ser considerado; Estabelecer programas e ações de proteção dos mananciais	Controle e monitoramento dos recursos hídricos	Redução do risco de contaminação; Redução do consumo de PQ;	Caracterização da água bruta; Monitoramento do uso e ocupação da bacia; Avaliar a geração de resíduos na escolha de futuros mananciais; Programas e ações de proteção dos mananciais;
ANDRADE, C. F.; SILVA, C. M.; OLIVEIRA, F. C.	2014	Revisão bibliográfica: Levantar a situação brasileira em relação a disposição final do lodo Identificar as possíveis formas de tratamento e sua adequabilidade Levantar os diferentes tipos de disposição de lodo e seus aspectos negativos e positivos Apresentar os principais impactos causados pelo lançamento do lodo in natura	Métodos de disposição: Aplicação do solo, Recuperação de áreas degradadas, Material de construção, Material Cerâmico, Recuperação do coagulante, Disposição em ETE, disposição em aterro Impactos: Depleção da concentração de OD, alteração da biota aquática, mortandade da comunidade bentônica de invertebrados, mortandade de peixes e redução do volume útil do rio	Disposição adequada dos resíduos	Redução do risco de contaminação; Redução do consumo de PQ;	Estudo dos impactos ambientais gerados

PINTO, A. G.; ISAAC, R. L.	2019	Identificação dos principais aspectos ambientais e de eficiência no consumo de recursos relacionados ao funcionamento das ETAs e suas captações foram identificados por meio de revisão de literatura. A segunda etapa do estudo constitui um estudo de caso realizado como uma análise do ciclo de vida baseado na NBR ISO 14045	Necessidade de avaliar a consistência dos dados do SAA (uso de diferentes metodologias) Falta de dados operacionais impediu a comparação entre as tecnologias e devida avaliação da ecoeficiência	Controle e redução de perdas no sistema Devido acompanhamento dos dados	Redução do consumo de energia elétrica; Redução do consumo de recursos naturais;	Caracterização da água bruta, tratada e no tratamento Plano de emergência para utilização de Cloro gás
ASSIS, L. R.	2014	Caracterização do lodo: propriedades da água bruta, a tecnologia de tratamento utilizada, o mecanismo e dosagem de coagulação; e os tipos de produtos químicos utilizados, definem lodo e água de lavagem dos filtros Foram coletadas amostras de água de lavagem dos filtros e água em 5 diferentes pontos do rio de lançamento	Foi demonstrado que há impacto da água de lavagem dos filtros da ETA no corpo hídrico e ficou evidente que o lançamento do lodo do decantador polui visualmente o corpo receptor, além de acrescentar 37 toneladas de sólidos totais a cada 60 dias	Não foram apontadas	Redução dos riscos de contaminação;	Caracterização do lodo *Tabela de parâmetros a serem levantados Caracterização da água de lavagem dos filtros *Tabela de parâmetros a serem levantados
VANACÔR, R. N.	2005	Comparação de resultados no Estudo de Caso	O Veta Organic apresentou variações maiores de dosagem em comparação com o Sulfato de Alumínio (devido a características do produto, processo de fabricação- falta de controle de qualidade), o sulfato de alumínio apresentou maiores concentrações de metais na água, o Veta Organic apresentou um floco que tende a se fixar mais no leito filtrante em relação ao floco gerado com sulfato de alumínio. O lodo de Vet Organic é passível de disposição no solo	Uso de ar no retro lavagem dos filtros	Diminuição do consumo de recursos hídricos Diminuição do risco de contaminação da fauna e flora	Utilização de ar e água na lavagem dos filtros

OLIVEIRA, C. A.; BARCELO, W. F.; COLARES, C. J. G.	2013	A lavagem dos filtros é feita de modo ascendente. Tabela de comparação dos parâmetros de caracterização da água de lavagem dos filtros em outras 2 diferentes ETAs. Proposta de implantação de reaproveitamento da água de lavagem dos filtros	Adotar o esquema de equalizadores para receber apenas a água de lavagem dos filtros que ocorre diariamente e onde são consumidos altos volumes de água tratada. Esse procedimento diminui a necessidade de bombeamento da água bruta	Equalização da água de lavagem dos filtros e reaproveitamento no sistema *Seguir as resoluções CONAMA 357/2005 e 430/2011	Redução dos riscos de contaminação; Diminuição da vazão de captação de água bruta	Caracterização da água de lavagem dos filtros *Tabela de parâmetros analisados Equalizadores de água de lavagem dos filtros *coletas frequentes para verificar a curva de remoção de impurezas da unidade de filtração *controle da concentração do lodo, para determinar o limite da concentração de sólidos e assim definir a frequência, os números de horas de operação e qual equipamento deverá entrar em operação *os sólidos oriundos do adensador são conduzidos a um tanque de descarte e posteriormente devem ser enviados ao aterro sanitário
PARSEKIAN, M. P. S.	1998	Foram realizados estudos sobre o aspecto gerencial de empresas e como a indústria se comporta. Fez-se uma revisão bibliográfica sobre as questões técnicas e legislações pertinentes. Elaborou-se um questionário para levantamento de dados para as etapas: captação, ETA, insumos e recursos humanos. Foram visitadas 11 ETAs de variados tipos e locais	Processo de operação de lavagem dos filtros; Capacitação dos operadores; controle de gastos com energia elétrica; utilização do banco de dados com fins de planejamento; Monitoramento da água bruta, tratada e no processo; Programa de gerenciamento de pessoas; Segurança do trabalho, manutenção de equipamentos e transporte adequado de produtos químicos; Programas e ações de proteção dos mananciais; Limpeza do sistema de captação (caixas de areia); Localização segura do sistema de captação - Longe de rodovias; Operar dentro da vazão nominal de projeto; Controle de qualidade dos Produtos Químicos; Infraestrutura laboratorial para ensaios; Controle de qualidade da água utilizada na água de lavagem dos filtros, decantadores e descargas de decantação; controle de perdas na operação; Controle de gastos com energia elétrica; Estudos de infraestrutura do sistema e garantir a segurança no trabalho			

ENCIBRA/SABESP	2011	Estudos ambientais - Enfoque metropolitano, regional, linear e local	As perdas de água na forma de vazamentos, furtos, desperdícios do consumidor e distribuição ineficiente afetam diretamente a quantidade de energia necessária para fazer a água chegar ao consumidor. O desperdício de água leva ao desperdício de energia. Assim, as atividades implementadas para economizar água e energia podem ter um impacto maior se planejadas conjuntamente. * Diminuindo as perdas, reduzem-se os custos de energia elétrica; * 95% do gasto vem das estações de bombeamento - dependerá dos fatores físicos do local; *Utilização válvula de estrangulamento. Ações estruturantes para a diminuição do consumo de água e energia: Combate ao desperdício de água (controle de pressão, controle ativo de vazamentos, reabilitação da infraestrutura); Perdas aparentes (aumento do índice de micromedição, renovação do parque de hidrômetros, correto dimensionamento do parque, substituição periódica dos hidrômetros, implantação de leituras eletrônicas das medições, campanhas de conscientização da população no combate às fraudes; - Diminuição do consumo de energia: procedimentos operacionais inadequados; • desperdício de água;• mau dimensionamento dos sistemas;• idade avançada dos equipamentos/das instalações;• tecnologias mal utilizadas;• erros de concepção dos projetos;• manutenções precárias;• falta de ajuste dos projetos originais. - As ações para redução de custos são: Ajuste de equipamentos e diminuição da potência dos equipamentos, controle operacional programas institucionais dirigidos ao setor de saneamento - PMSS, SNIS, COM+AGUA, RECESA, PNCDA, PROCEL SENEAR e etc
----------------	------	--	---