

**Reaproveitamento e disposição final dos resíduos produzidos nas
Estações de Tratamento de Água na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do
Sul**

Monick da Silva Dutra

Mestra, UFJF, Brasil
monick.dutra@arquitetura.ufjf.br

Renata de Oliveira Pereira

Professora Doutora, UFJF, Brasil
renata.pereira@ufjf.br

RESUMO

Em consequência ao crescimento populacional tem-se o aumento da demanda por água potável. Esse fato fez com que a geração de resíduos nas denominadas ETAs - Estações de Tratamento de Água também crescesse. Para que a qualidade da água atenda nossas necessidades, esta precisa passar por uma série de processos que geram resíduos, os quais devem ser gerenciados de maneira adequada para que não causem danos ambientais. O estudo tem como foco principal a análise da situação quanto aos resíduos gerados nas ETAs da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Foram consultados mais de 70 documentos para identificação das estações presentes em 57 municípios da Bacia Hidrográfica, classificando-as em seguida com base na tipologia de tratamento utilizado para potabilidade da água. Assim, foram mapeados quatro possíveis meios de reaproveitamento e disposição final ambientalmente adequada nos municípios analisados, sendo eles os viveiros, fábricas de materiais cerâmicos, Estações de tratamento de Esgoto – ETEs e aterros sanitários. Os resultados do estudo apontam que do total de ETAs encontradas na Bacia Hidrográfica mais de 90% são produtoras de resíduos de ETA e que apenas 7% realizam o tratamento dos mesmos. Foram localizados mais de 200 destinos como opções para a aplicação dos resíduos gerados, onde do total de municípios analisados, mais de 80% poderiam reaproveitá-los ou dispô-los de maneira adequada considerando ao menos uma das opções.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos de ETA. Resíduos Sólidos. Tratamento de resíduos.

1 INTRODUÇÃO

O saneamento básico engloba serviços que contribuem diretamente para avanços na saúde, sociais e econômicos. A água é considerada um recurso fundamental para a sobrevivência humana, sendo um suprimento indispensável às nossas necessidades essenciais, todavia, seu uso vem gerando conflitos. A demanda crescente por produtos, bens e serviços ocasionaram o aumento acelerado pelo consumo de água, aumentando conseqüentemente a geração de resíduos produzidos para torná-la potável. Tendo em vista a importância desse recurso, torna-se necessário o conhecimento do quadro atual quanto ao abastecimento de água e a gestão dos resíduos provenientes do processo de seu tratamento (VILELLA, 2011).

A problemática do tema diz respeito ao cenário brasileiro nos últimos anos, tornando-se notório que em nosso país a situação do saneamento básico, no que tange o abastecimento de água, traz em seu escopo várias irregularidades, sendo uma delas o assunto tratado em questão, a produção e destinação final dos resíduos gerados nas ETAs. No ano de 2017, dos 1.825 municípios brasileiros com serviço de abastecimento de água por rede geral de distribuição em funcionamento e gerando resíduos de ETA, cerca de 1.300 depositavam os rejeitos em corpos hídricos sem tratamento prévio (IBGE, 2017).

Após sua captação em um manancial através de equipamentos e instalações, a água bruta passa por processos de tratamento para que, em seguida, seja distribuída pela rede de abastecimento de água. Esses processos têm como consequência a geração de resíduos complexos e de difícil manejo e disposição, como o lodo de ETA (LETA), uma massa densa, a qual possui cerca de 1 a 4% de sólidos totais, e a água de lavagem dos filtros (ALAF), sendo ambos altamente prejudiciais ao meio ambiente caso não sejam administrados da maneira correta (ACHON et al., 2013; DI BERNARDO et al., 2012).

A maioria das ETAs não quantifica os resíduos gerados e poucas avaliam suas características, impossibilitando a aplicação de ferramentas voltadas para seu gerenciamento (ACHON et al., 2013). Segundo a NBR 10.004, os resíduos gerados nas ETAs são considerados resíduos sólidos ainda que contenham mais de 95% de água em volume, e por questões técnicas

e ambientais, devem passar por devido tratamento antes que sejam dispostos no meio ambiente (ABNT, 2004).

Segundo Richter (2001), os meios de disposição dos resíduos de ETA mais comuns são o lançamento de modo direto em corpos hídricos, disposição em Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), no solo e em aterros sanitários. Entidades de controle ambiental no Brasil como o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) através da Resolução nº 430 de 13/05/2011, e o SISNAMA (Sistema Nacional do Meio Ambiente) por meio da Lei nº 6.938/81, estabelecem diretrizes a serem seguidas no que diz respeito a esse lançamento segundo a classe do recurso hídrico receptor, limitando o uso de cada uma das formas adotadas de disposição, levando em consideração principalmente a composição do resíduo produzido. O tipo e qualidade dos resíduos gerados nas ETAs, além dos custos implicados em seu tratamento e encaminhamento, influenciam diretamente na escolha da alternativa de disposição adequada. Esse planejamento deve compreender perspectivas que orientem a destinação final levando em consideração aspectos técnicos, ambientais e econômicos de cada ETA (JANUÁRIO *et al.*, 2007).

Tendo em vista a problemática em questão, faz-se necessário que o setor de saneamento ambiental tenha uma visão abrangente em relação ao sistema de tratamento de água, uma vez que, há uma preocupação no âmbito internacional em se reduzir a quantidade de resíduos produzidos por meio das ETAs, realizando a reciclagem ou reuso dos mesmos, dispondo apenas o que não puder ser aproveitado (ACHON *et al.*, 2013). Deste modo, o trabalho visa atuar na importante temática referente a gestão dos resíduos produzidos pela indústria de abastecimento de água, contribuindo para o reconhecimento da problemática do tema e a garantia da segurança hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.

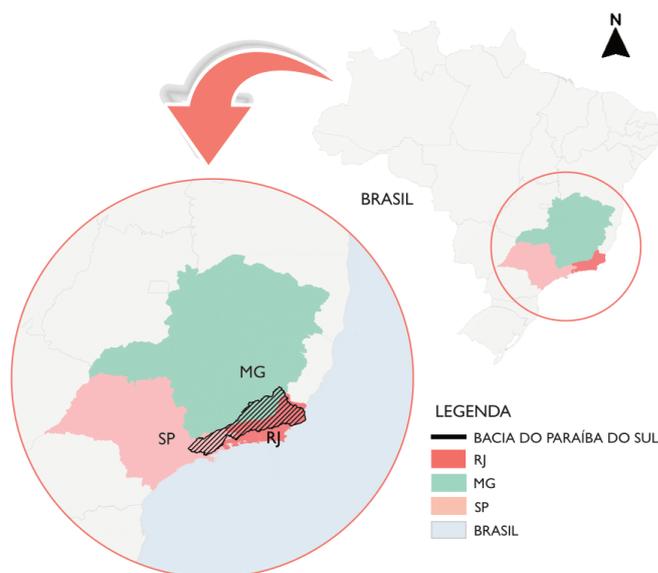
2 OBJETIVOS

O objetivo do trabalho figura-se em detectar a situação quanto a produção de lodo e água de lavagem dos filtros provenientes das Estações de Tratamento de Água dos municípios com população igual ou superior a 20.000 habitantes pertencentes a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, avaliando possibilidades de reaproveitamento e disposição final dos mesmos.

3 METODOLOGIA

A Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul está localizada na região Sudeste e apresenta área de drenagem aproximada de 61.000 km², sendo responsável por drenar uma das regiões mais desenvolvidas do país, abrangendo a área conhecida como Vale do Paraíba Paulista no Estado de São Paulo, parte do Estado de Minas Gerais denominada Zona da Mata Mineira, e parte do Estado do Rio de Janeiro, tendo em toda sua extensão cerca de 184 municípios (AGEVAP, 2021) (Figura 1). Segundo o Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica, sua população estimada para o ano de 2018 era cerca de 7 milhões de pessoas. Seu desenvolvimento vem acarretando a degradação da qualidade de suas águas e a redução de sua disponibilidade hídrica, exigindo ações do Governo e a mobilização de diferentes setores da sociedade para sua recuperação causada pela poluição, tendo registrado crescente processo de degradação de seus recursos hídricos (AGEVAP, 2021).

Figura 1 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2022.

A partir do recorte da área foi realizada uma busca por dados referentes às ETAs pertencentes à Bacia Hidrográfica. As cidades pequenas, em geral, possuem questões relacionadas a precariedade de infraestrutura urbana, especialmente no que diz respeito ao quesito saneamento básico, problema que está atrelado à dificuldade dos entes públicos quanto a realização de projetos que possibilitem a universalização desses serviços (CORREIA et al., 2019). Segundo Spósito e Silva (2013), no Brasil, existe uma menor preocupação com núcleos urbanos com menos de 20.000 habitantes, os quais são considerados cidades pequenas, situação evidenciada quando esses não são favorecidos pelo Estatuto da Cidade quanto a exigência de instrumentos de planejamento urbano ou de desenvolvimento econômico.

Tomando esse fato como base, para iniciar as análises na Bacia Hidrográfica, foram selecionados municípios com população igual ou superior a 20.000 habitantes, levando em consideração a precariedade no setor de saneamento básico e escassez de informações e dados quanto ao tema, principalmente se tratando dos municípios que não se enquadram nessa categoria. Conforme a Tabela 1, foram consultados 51 Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB), os quais podemos destacar como fonte principal para coleta de informações referentes às ETAs, além dos demais documentos listados.

Tabela 1 - Fontes consultadas para coleta de dados e informações

Fontes Consultadas	RJ	MG	SP	TOTAL
Planos Municipais de Saneamento Básico	29	07	15	51
Estudos Técnicos e Planejamento para a Universalização do Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário	08	-	-	08
Informativos Anuais Sobre a Qualidade da Água	02	01	04	07
Relatórios de Fiscalização	01	06	-	07
Plano de Gestão dos Serviços de Abastecimento de Água Potável e Esgotamento Sanitário	-	01	-	01
Total	40	15	19	74

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2022.

Realizaram-se buscas em outras fontes de dados, tal como, no banco de dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), no site do SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento) e no site da ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). No IBGE (2017), foi possível ter acesso à quantidade de ETAs existentes em cada município, porém, não se obteve informações a respeito dos resíduos gerados. No SNIS (2022) e ANA (2022) o banco de dados encontrado era escasso e/ou desatualizado, não encontrando informações relevantes quanto às ETAs, bem como, os resíduos gerados por estas.

Deste modo, deu-se início ao mapeamento da área utilizando o programa de georreferenciamento ArcGis. Com o auxílio do software e das buscas feitas através do *Google Maps* as ETAs foram demarcadas e georreferenciadas, sendo classificadas com base na tipologia de tratamento adotada para potabilidade da água. A partir daí, foi possível identificar se ocorre ou não a geração de resíduos de ETA, verificando-se também se o tratamento dos mesmos é realizado. As informações coletadas encontram-se listadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Tratamento adotado pela ETA, tipos de resíduos gerados e tratamento dos mesmos

Tratamento adotado pela ETA	Tipos de resíduos gerados	Tratamento dos resíduos gerados
Decantação	Lodo de Decantador	1. Trata os resíduos gerados 2. Não trata os resíduos gerados 3. Não disponibiliza informações quando ao tratamento dos resíduos gerados
Filtração	Água de Lavagem dos Filtros	
Decantação + Filtração	Ambos os resíduos	

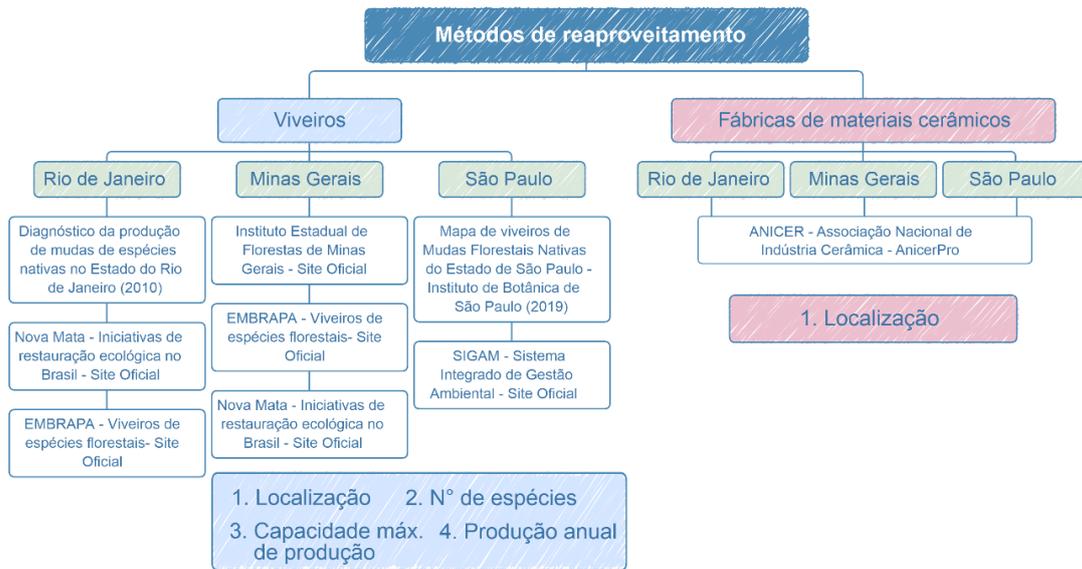
Fonte: Elaborado pelas autoras, 2022.

Considerando a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, 2010), e que se deve dispor adequadamente os resíduos, foram mapeados quatro possíveis destinos para aplicação dos resíduos de ETA gerados na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, sendo eles os viveiros de mudas, as fábricas de materiais cerâmicos, os aterros sanitários e Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs). As buscas foram feitas nos mesmos municípios selecionados para a realização do mapeamento das ETAs, ou seja, em municípios com população igual ou superior a 20.000 habitantes.

Para a coleta de informações quanto aos métodos de reaproveitamento dos resíduos, para conhecimento dos viveiros foram consultados diferentes bancos de dados para os três estados que abrangem a Bacia Hidrográfica, tendo em vista que estes possuem organizações distintas que agem diretamente nessa temática. Para a identificação das fábricas de materiais cerâmicos, em ambos os estados foi utilizado o banco de dados da Anicer (Associação Nacional de Indústria Cerâmica), denominado "AnicerPRO". A Figura 2 apresenta as fontes consultadas e informações coletadas para os métodos de reaproveitamento citados.

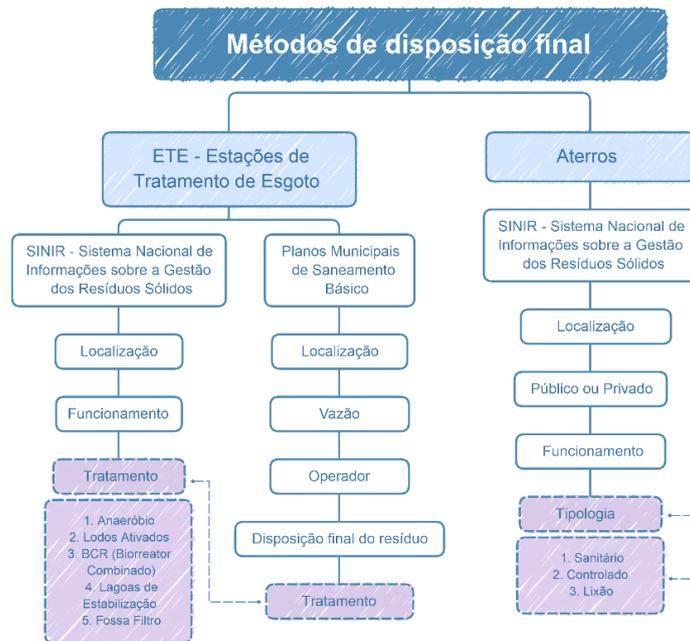
Se tratando dos métodos de disposição final ambientalmente adequados, para identifica-los foi utilizado o banco de dados do SINIR (2019) (Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos), identificando os aterros sanitários, controlados e lixões. Para coleta de informações quanto às ETEs, além do banco de dados do SINIR (2019), foram consultados os mesmos documentos utilizados para identificação das ETAs (Tabela 1), tendo como principal informação a ser coletada o processo adotado para tratamento do efluente de cada ETE, sendo possível a partir daí, analisar a viabilidade e compatibilidade quanto a utilização deste método para disposição dos resíduos gerados nas ETAs (Figura 3).

Figura 2 - Organograma de fontes consultadas e informações coletadas quanto aos métodos de reaproveitamento



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2022.

Figura 3 - Organograma de fontes consultadas e informações coletadas quanto aos métodos de disposição final



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2022.

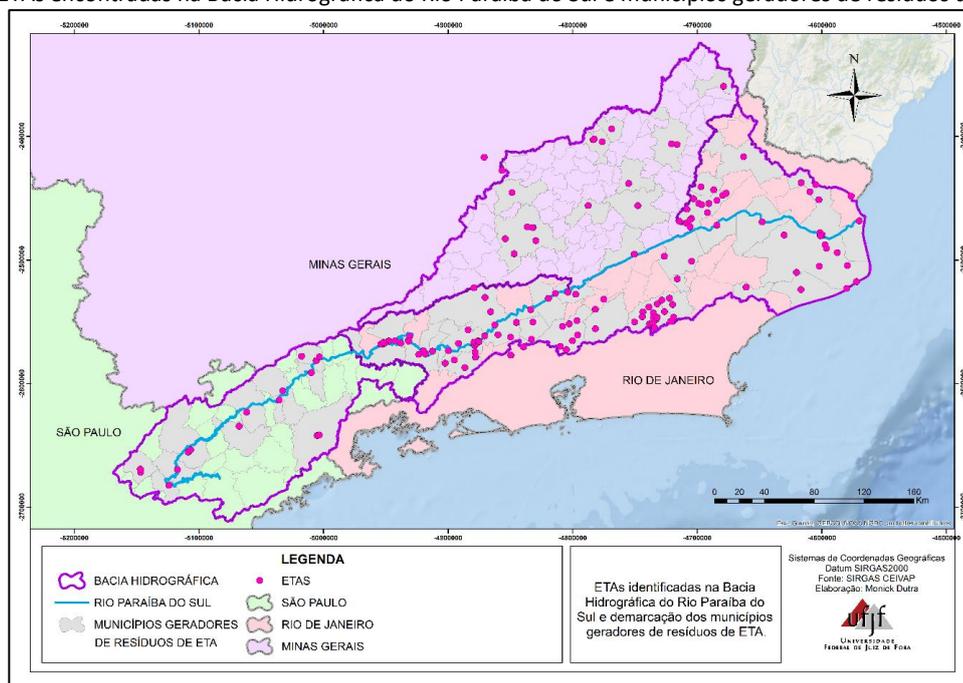
Para a disposição dos resíduos de ETA em ETEs, tendo em vista a viabilidade de utilização desse método, serão consideradas as ETEs que utilizam para o tratamento de seus efluentes os processos anaeróbio, de lodos ativados e lagoas de estabilização. Para o método de disposição em aterro, o trabalho irá considerar como possibilidade a aplicação em aterros sanitários, tendo em vista que esta é uma alternativa tida como ambientalmente adequada para a disposição de resíduos sólidos.

Após as análises, foi possível identificar as possibilidades de aplicação para os resíduos de ETA nos municípios analisados na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul para posteriormente fazer o cruzamento de informações quanto a estas sugestões e as ETAs consideradas geradoras. Posto isso, foram avaliadas as distâncias de cada possível destino às estações para escolha do mais adequado. Levou-se em consideração questões quanto a acessibilidade e aplicabilidade por parte de cada ETA, tornando possível também, uma análise quanto ao impacto em termos de redução da contaminação dos corpos hídricos caso essas opções de reaproveitamento e destinação final fossem adotadas. Os aspectos técnicos, econômicos, ambientais, sociais e políticos de cada Estação de Tratamento de Água devem ser avaliados para cada aplicabilidade, tendo como um dos principais critérios para essa escolha a distância entre a ETA geradora dos resíduos e o método escolhido.

4 RESULTADOS

Após a seleção de localidades com população igual ou superior a 20.000 habitantes, do total de 184 municípios presentes na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (AGEVAP, 2021), totalizaram-se 57 a serem estudados. Deste total, 50 foram identificados como geradores de resíduos de ETA, localizando-se 153 estações, onde 117 pertencem ao estado do Rio de Janeiro, 20 pertencentes a Minas Gerais e 16 localizadas no estado de São Paulo (Figura 4).

Figura 4 - ETAs encontradas na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e municípios geradores de resíduos de ETA

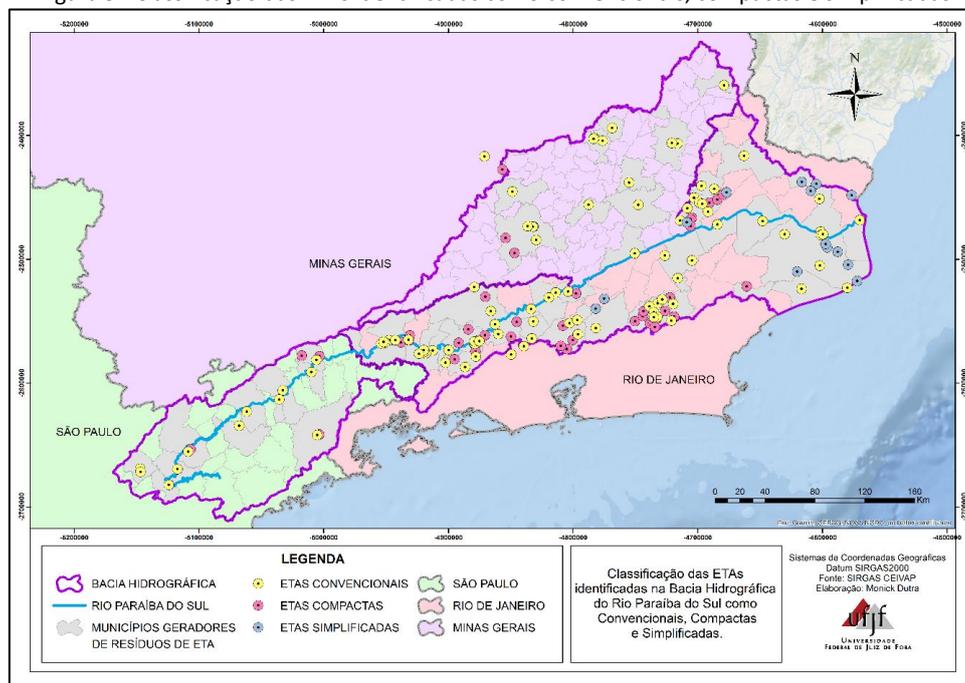


Fonte: Elaborado pelas autoras, 2022.

Foram identificadas 60,14% ETAs convencionais que utilizam a tecnologia denominada ciclo completo, gerando resíduos tanto nos decantadores quanto na operação de lavagem dos filtros. As demais são distribuídas em ETAs compactas (30,72%), as quais podem incluir o ciclo completo ou utilizar apenas unidades como a filtração rápida, flotação e clarificador,

dispensando a fase de decantação, e ETAs simplificadas (9,14%), as quais possuem apenas desinfecção por cloração (Figura 4).

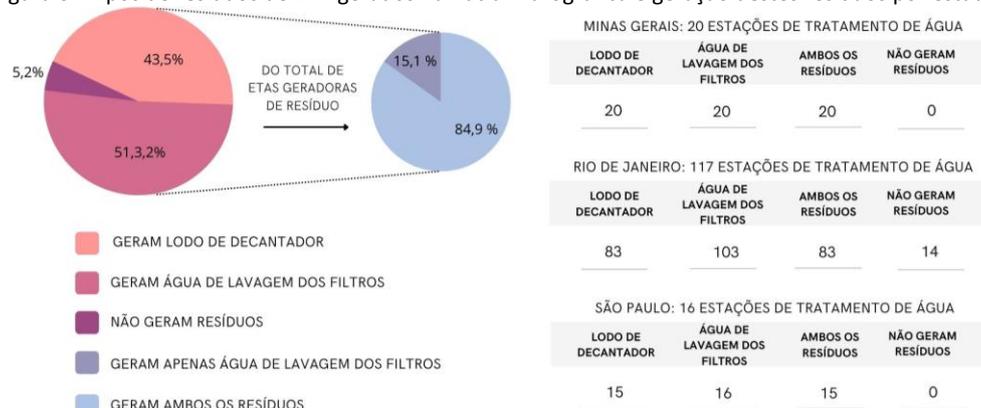
Figura 5 - Classificação das ETAs identificadas como convencionais, compactas e simplificadas



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2022.

Em toda a Bacia Hidrográfica, das 153 ETAs contabilizadas, 139 ETAs foram identificadas como geradoras de resíduos. No estado de Minas Gerais as 20 estações analisadas geram tanto lodo em seus decantadores quanto água de lavagem em seus filtros. Já no estado de São Paulo, de 16 ETAs, apenas uma não gera lodo de decantador, enquanto todas geram ALAF. No estado do Rio de Janeiro, de 117 ETAs analisadas, 103 geram resíduos. O número de ETAs não geradoras de resíduos equivale a 9,15% do total de estações identificadas, as quais possuem o tratamento simplificado, realizando apenas desinfecção e fluoretação, estando todas localizadas no estado do Rio de Janeiro (Figura 6).

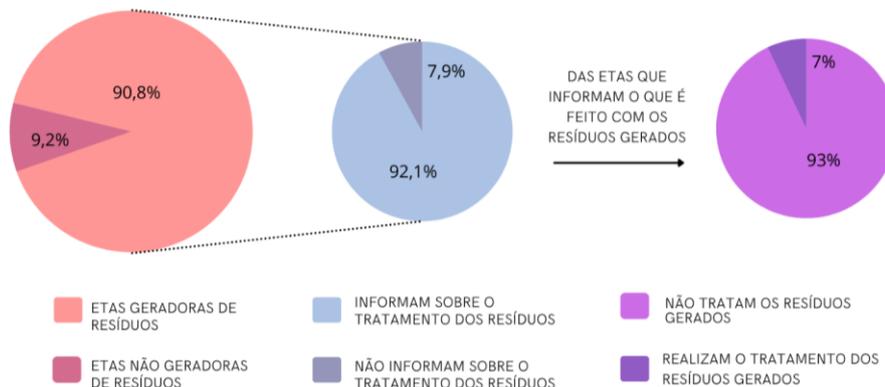
Figura 6 - Tipos de resíduos de ETA gerados na Bacia Hidrográfica e geração destes resíduos por estados



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2022.

Dos 50 municípios geradores de resíduos, 42 disponibilizaram informações quanto ao gerenciamento dos mesmos, enquanto oito não evidenciaram quanto a aplicação ou não de algum método de tratamento. Sendo assim, de 139 ETAs geradoras de resíduos, não foi possível obter informações quanto ao tratamento por parte de 7,9% das estações, enquanto 92,1% dispunham de informações. Do total de ETAs que disponibilizaram esses dados, apenas 7% afirmaram realizar o tratamento dos resíduos, o que equivale a 9 estações, enquanto 93% afirmaram não realizar qualquer tratamento (Figura 7).

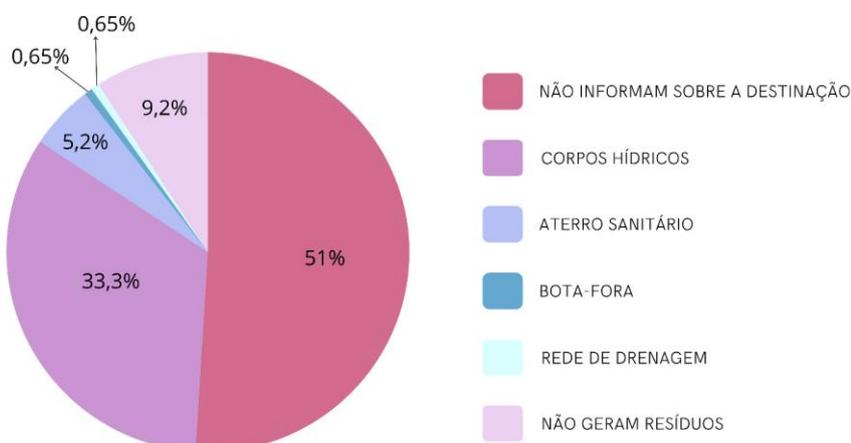
Figura 7 - ETAs geradoras e não geradoras de resíduos e das que informam quanto ao tratamento dos mesmos



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2022.

Das nove ETAs que relataram realizar o tratamento de seus resíduos, uma informou fazer o uso de leitos de secagem para desidratação. Nas demais estações, sete utilizam bags para realizar o deságue do lodo, e uma afirma realizar sua desidratação não indicando o método adotado, informando também, que reutiliza a água de lavagem dos filtros e a água extraída do tratamento do lodo (AGEVAP, 2014). Destas estações, oito disponibilizaram informações quanto a destinação final, citando como destinos adotados os aterros sanitários (AGEVAP, 2014, CEDAE, 2018). As demais não declararam os destinos utilizados após a realização do tratamento (Figura 8).

Figura 8 - Destinação dada aos resíduos de ETAs gerados na Bacia Hidrográfica



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2022.

Analisando a Bacia Hidrográfica em sua totalidade constatou-se que mais da metade das ETAs geradoras de resíduos não disponibilizam informações quanto a destinação final adotada, e das estações que disponibilizam informações, o principal meio adotado é a disposição direta em corpos hídricos próximos, em seu estado natural ou diluído em água. A utilização da disposição final direta dos resíduos em rede de drenagem foi citada por uma ETA, assim como a disposição direta em botafora (HABITAT ECOLÓGICO, 2014; FATOR S/A et al., 2019) (Figura 8).

Considerando os dados coletados referentes a produção dos resíduos nas ETAs da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, foram selecionadas quatro alternativas para aplicações dos mesmos, sendo elas: o reaproveitamento em viveiros e fábricas de materiais cerâmicos, e a disposição final em ETEs e Aterros Sanitários. A partir dessa seleção, pôde ser definida a escolha mais atraente a ser adotada considerando questões quanto aos custos para sua efetivação. Posto isso, utilizando o mesmo método de análise para identificação das ETAs, foram mapeados nos municípios com população igual ou superior a 20.000 habitantes 62 viveiros, 61 fábricas de materiais cerâmicos, 96 ETEs e 11 Aterros Sanitários (Tabela 2). Estas opções foram demarcadas nos municípios considerados geradores de resíduos, bem como, nas localidades onde não foram localizadas ETAs mas que estão dentro do recorte estabelecido, levando em consideração a possibilidade de investimentos futuros ao setor de abastecimento de água.

Tabela 2 - Quantificação dos viveiros, fábricas de materiais cerâmicos, ETEs e aterros sanitários nos 57 municípios analisados na Bacia Hidrográfica

Destinos mapeados	RJ	MG	SP	TOTAL
Viveiros	30	19	13	62
Fábricas de materiais cerâmicos	61	-	-	61
Estações de Tratamento de Esgoto	49	12	35	96
Aterros Sanitários	05	06	-	11
Quantidade total de destinos em cada estado	145	37	48	230

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2022.

Tendo em vista o número de municípios analisados no estado de São Paulo (15 municípios), foram encontradas maiores possibilidades de disposição final se comparado aos demais estados, tendo 13 municípios contendo ETEs e sete contendo aterros sanitários. Quanto aos meios de reaproveitamento, oito municípios poderiam aplicar os resíduos em viveiros, não sendo encontradas fábricas de materiais cerâmicos (Tabela 3).

Apesar do estado do Rio de Janeiro possuir maior quantidade de municípios (31 municípios) que integram a Bacia Hidrográfica, analisando os métodos de disposição final disponíveis, observou-se a deficiência quanto a prestação de serviços de esgotamento sanitário, os quais beneficiam apenas sete localidades. O número de aterros sanitários encontrado também foi pequeno em vista do número de municípios analisados, onde apenas cinco contam com este recurso. Quanto aos meios de reaproveitamento, a aplicação em viveiros seria possível em 16 municípios. As fábricas de materiais cerâmicos foram encontradas em seis localidades, destacando-se a cidade de Campos dos Goytacazes, considerada um importante polo voltado para a atividade em todo o país, onde foram encontradas 56 fábricas (Tabela 3).

A área que abrange o estado de Minas Gerais também sofre com o problema quanto a deficiência de prestação de serviço de esgotamento sanitário, onde de 11 municípios analisados, apenas cinco são beneficiados. Esse estado é caracterizado por abranger muitas localidades contendo população abaixo da média de 20.000 habitantes, cerca de 78,3% dos municípios, o que contribui para a carência de tais serviços (SPÓSITO E SILVA, 2013). Quanto aos aterros sanitários, dos 11 municípios analisados, seis dispõem deste método. A aplicação dos resíduos em viveiros seria possível por oito municípios mineiros, não sendo localizadas fábricas de materiais cerâmicos (Tabela 3).

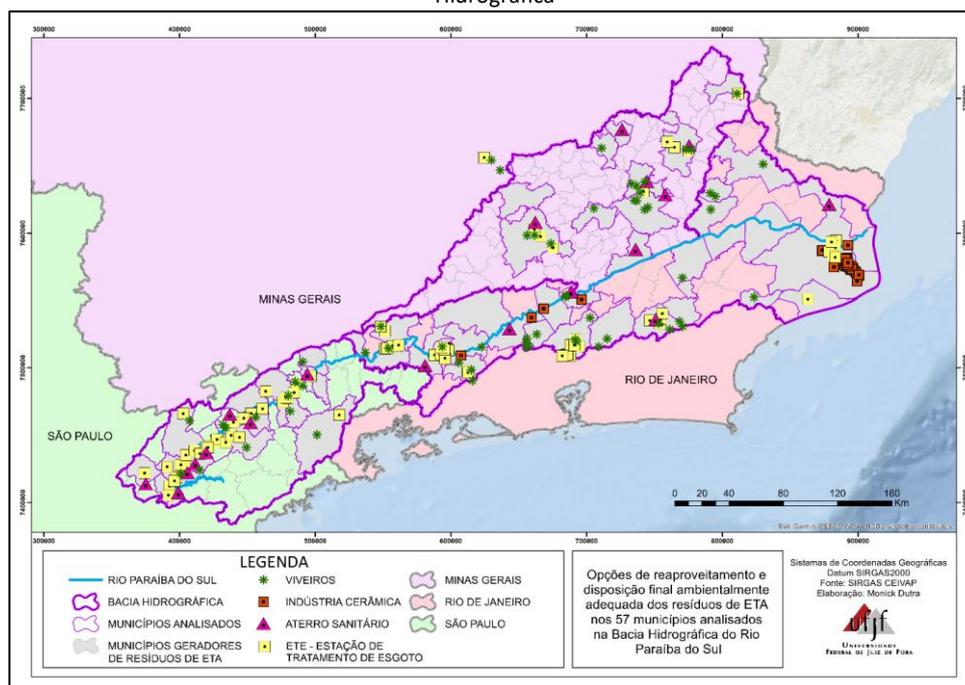
Tabela 3 - Quantidade de municípios contendo destinos para aplicação dos resíduos de ETA na Bacia Hidrográfica

Apuração das opções de reaproveitamento e disposição final presentes nos 57 municípios analisados na Bacia Hidrográfica	RJ	MG	SP	TOTAL
Viveiros	16	08	08	32 MUN
Fábricas de materiais cerâmicos	06	-	-	06 MUN
Estações de Tratamento de Esgoto	07	05	13	25 MUN
Aterros Sanitários	05	06	07	18 MUN

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2022.

Levando em consideração os 57 municípios analisados na Bacia Hidrográfica, o reaproveitamento dos resíduos de ETA no cultivo de mudas em viveiros seria possível em 32 municípios. Já o reaproveitamento em fábricas de materiais cerâmicos seria possível em apenas seis municípios, os quais estão todos localizados no estado do Rio de Janeiro. A disposição em ETEs e em aterros sanitários poderiam ser adotadas por 25 e 18 municípios respectivamente (Tabela 3) (Figura 9).

Figura 9 - Opções de reaproveitamento e disposição final dos resíduos de ETA nos 57 municípios analisados na Bacia Hidrográfica



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2022.

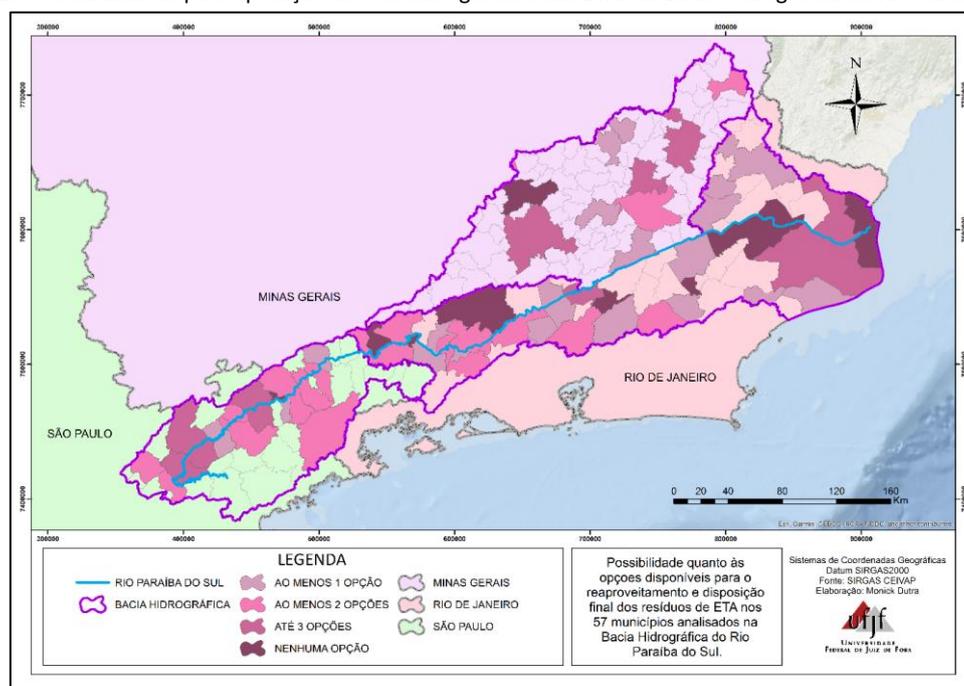
Dos 57 municípios estudados, 46 poderiam reaproveitar ou dispor devidamente os resíduos de ETA utilizando ao menos um método. Quase metade dos municípios analisados (26 municípios) poderiam fazer a aplicação em até dois métodos sugeridos, tendo nove municípios contendo até três opções (Tabela 4) (Figura 9). Do total de municípios analisados foi constatado que 10 não possuem nenhuma das quatro sugestões (Tabela 4) (Figura 10).

Tabela 4 - Possibilidades de aplicação dos resíduos de ETA nos 57 municípios analisados na Bacia Hidrográfica

Possibilidades de aplicação dos resíduos de ETA nos 57 municípios analisados	RJ 31 MUN	MG 11 MUN	SP 15 MUN	TOTAL
Nenhuma opção	08	01	01	10 MUN
Ao menos 1 opção	22	10	14	46 MUN
Ao menos 2 opções	09	06	11	26 MUN
Até 3 opções	03	03	03	9 MUN

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2022.

Figura 10 - Possibilidades para aplicação dos resíduos gerados nas ETAs da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2022.

Vale destacar que as ETEs e os aterros sanitários são opções indispensáveis para todos os municípios, e a escassez dessas possibilidades básicas acaba por dificultar ainda mais a disposição ambientalmente adequada desses resíduos. O reaproveitamento em viveiros de mudas mostra-se uma alternativa promissora, visto que, mais da metade dos municípios analisados contam com essa opção. Quanto a aplicação em fábricas cerâmicas, poucas cidades conseguiriam utilizar o método.

Tendo como base as quatro possibilidades apresentadas e que para a efetivação dessa aplicação deve-se observar principalmente as distâncias a serem percorridas e o meio de

transporte a ser utilizado, foram analisados os melhores destinos para aplicação dos resíduos de ETA nos três estados que abrangem a Bacia Hidrográfica. Nos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro foi observado que o destino mais adequado para maioria das ETAs geradoras de resíduos é a aplicação em viveiros de mudas. Já no Estado de São Paulo, como melhor possibilidade podemos destacar as ETEs. Além das alternativas sugeridas, restariam outras opções como por exemplo, a aplicação em solos agrícolas, para recuperação de áreas degradadas e fabricação de materiais de construção civil (TERTOLINO DA SILVA, 2019). Considerando que nem todos os municípios possuem as demais opções citadas, a problemática quanto à disposição dos resíduos de ETA se torna ainda mais crítica, levando consequentemente, as estações a disporem seus resíduos em corpos hídricos (método utilizado por 33,3% das ETAs na Bacia Hidrográfica, sendo que 51% não disponibilizam informações quanto ao destino adotado).

A conservação dos recursos hídricos influencia diretamente para melhora na eficiência dos sistemas de abastecimento de água, uma vez que, o tratamento convencional apresentaria maior eficácia para a remoção das impurezas e tratamento da água. Os problemas de poluição em algumas regiões da Bacia Hidrográfica são críticos e afetam diretamente a qualidade da água bruta, refletindo negativamente nos custos voltados para seu tratamento. O não tratamento dos resíduos de ETA e o lançamento direto em corpos hídricos contribui para a piora da qualidade das águas, com destaque aos organismos patogênicos, levando a um maior custo de tratamento e risco microbiológico para ETAs que coletam essa água a jusante e a utilizam para abastecimento, o que de fato, ocorre na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.

5 CONCLUSÃO

Foi verificado que o índice de produção de resíduos de ETAs na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul é extremamente alto, tendo como produtoras 91% das ETAs mapeadas, sendo a área que abrange a Região Metropolitana do Rio de Janeiro responsável por cerca de 75% dessas estações.

Foi observada também a escassez de informações referentes ao tratamento e disposição final desses resíduos, deixando evidente a necessidade da elaboração de estudos e abordagens a respeito da problemática, onde, mais da metade das estações identificadas não informam quanto à disposição final, e das que informam, cerca de 33,3% dispõem em corpos hídricos sem devido tratamento prévio, sendo o reuso do resíduo citado por apenas uma ETA em toda a Bacia Hidrográfica.

Pôde-se concluir que o estado de São Paulo apresentou maiores possibilidades se comparado aos demais quanto às opções para reaproveitamento e disposição final dos resíduos de ETA. Todavia, do total de municípios analisados, cerca de 80% poderia reaproveitar ou dispor os resíduos adequadamente em viveiros, fábricas de materiais cerâmicos, ETEs ou Aterros Sanitários.

Os resultados do trabalho chamam a atenção para a conscientização dos gestores municipais quanto ao reaproveitamento dos resíduos de ETA e sua disposição final ambientalmente adequada na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Recomenda-se a realização de futuros estudos a fim de avaliar os demais municípios que compõem o quadro da

Bacia Hidrográfica, buscando além das alternativas sugeridas, demais alternativas de reaproveitamento e meios adequados para disposição final dos resíduos de ETAs gerados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHON, C. L. et al. Resíduos de estações de tratamento de água e a ISO 24512: desafio do saneamento brasileiro. **Eng Sanit Ambient**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 115-122, abr/jun 2013. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-680741>. Acesso em: 10 set. 2022.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br>>. Acesso em: 10 jul. 2022.

AGEVAP - Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. **PLANO INTEGRADO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL**, junho de 2021. Disponível em: http://18.229.168.129:8080/publicacoesArquivos/ceivap/arq_pubMidia_Processo_030-2018-RF01.pdf. Acesso em: 04 ago. 2022.

AGEVAP - Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Disponível em: <https://www.agevap.org.br/>. Acesso em: 05 ago. 2022.

AGEVAP. Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Resende, RJ**, 2014. Disponível em: <https://resende.rj.gov.br/images/PlanoMunicipaldeSaneamentoBasico.pdf>. Acesso em: 22 set. 2022.

BRASIL. **Lei nº 10.004, de 30 de novembro de 2004**. Resíduos Sólidos – Classificação. Brasília, DF, [2004]. Disponível em: <https://www.unaerp.br/documentos/2234-abnt-nbr-10004/file>. Acesso em: 10 set. 2022.

BRASIL. Lei nº 12.305/10, de 02 de ago. de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**, Brasília, DF, ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 21 ago. 2022.

Brasil. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF [1981]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 15 ago. 2022.

Brasil. **Resolução nº 430, de 17 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Brasília, DF, [2011]. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=114770>. Acesso em: 15 jul. 2022.

Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro – CEDAE. Disponível em: <https://cedae.com.br/>. Acesso em: 09 jul. 2022.

CORREIA, L. A. M. B. et al. Saneamento e Sustentabilidade Urbana: a cidade pequena no contexto do semiárido nordestino. In: I CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE E SOCIEDADE, 2019, Campina Grande (PB). Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/65049>. Acesso em: 25 jul. 2022.

DI BERNARDO, L. et al. **MÉTODOS E TÉCNICAS DE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA**. São Carlos – SP: LDiBe, 2012. 540 p.

FATOR S/A et al. **Estudos Técnicos e Planejamento para a Universalização do Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário: Município de São João da Barra, RJ**. São João da Barra, RJ, p. 98. 2019. Disponível em: <https://infosanbas.org.br/municipio/sao-joao-da-barra-rj/>. Acesso em: 22 ago. 2022.

HABITAT ECOLÓGICO. **PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DE BARBACENA, MG - VERSÃO PRELIMINAR**. Prefeitura Municipal de Barbacena, MG. Curitiba, PR, p. 749. 2014. Disponível em: https://barbacena.mg.gov.br/arquivos/PMSB_BARBACENA_VERS%C3%83O_PRELIMINAR_30.01.pdf. Acesso em: 15 jul. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2017**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pnsb/pnsb-2017>. Acesso em: 17 ago. 2022.

JANUÁRIO, G. F. et al. Planejamento e Aspectos Ambientais envolvidos na disposição final de lodos das Estações De Tratamento De Água da Região Metropolitana de São Paulo. **Eng Sanit Ambient: Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, São Paulo, n. 2, p. 117-126, 2007.

RICHTER, C. A. **Tratamento de lodos de estações de tratamento de água**. 1ª. ed. São Paulo: Blucher, 2001. 112p.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS - SINIR. Disponível em: <https://sinir.gov.br/mapas/gestao-residuo-solido/>. Acesso em: 09 ago. 2022.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. Acesso em: 01 set. 2022.

SPOSITO, E. S.; SILVA, P. F. J. **Cidades pequenas: perspectivas teóricas e transformações socioespaciais**. Jundiaí: Paco Editorial, 2013. 148p.

TERTOLINO DA SILVA, R. P.; BOTTREL, S. E.; PEREIRA, R. O. POSSIBILIDADES DE UTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA: ESTUDO DE CASO ETA-JF/MG. *In: IX Congresso de Engenheiros da Universidade Federal de São João del-Rei, 2019, São João del-Rei (MG)*. Disponível em: <https://proceedings.science/coen-2019/papers/possibilidades-de-utilizacao-dos-residuos-de-estacao-de-tratamento-de-agua--estudo-de-caso-eta-jf-mg>. Acesso em: 02 set. 2022.

VILELLA, A. L. A. **Diagnóstico dos resíduos gerados em Estações de Tratamento de Água nas Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí – SP**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/4307>. Acesso em: 25 ago. 2022.