

<https://doi.org/10.15202/1981996x.2018v12n3p16>

CAPACIDADE DE REUSO DE EFLUENTES DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL

EFFLUENT CAPACITY OF SEWAGE TREATMENT STATIONS IN THE PARAÍBA DO SUL HYDROGRAPHIC BOWL

Ana Silvia Pereira Santos

Doutora em Engenharia Civil - Tecnologia de Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos pela COPPE/UFRJ. Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Sanitária e Meio Ambiente da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - DESMA/UERJ.
E-mail: ana.pereira@uerj.br

Maíra Araújo de Mendonça Lima

Graduandas em Engenharia Ambiental e Sanitária da UERJ, bolsistas de iniciação científica.

Lauana Thaiara de Almeida Ramos

Graduandas em Engenharia Ambiental e Sanitária da UERJ, bolsistas de iniciação científica.

Celio Bartole Pereira

Doutor em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo.
Agência Nacional de Águas.

Sérgio Rodrigues Ayrimoraes Soares

Mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília. Gerente de estudos e levantamentos da Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas.

Marília Carvalho de Melo*

Doutora em Engenharia Civil pela COPPE/UFRJ. Diretora geral do Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Docente e Coordenadora do Mestrado da Universidade Vale do Rio Verde de Três Corações, MG.
E-mail: prof.marilia.melo@unincor.edu.br

*Autor para correspondência

RESUMO

O reuso de efluentes de Estações de Tratamento de Esgotos - ETE já é prática comum em diversos países do mundo e, atualmente, vem se tornando mais frequente no Brasil. Essa prática visa minimizar os impactos decorrentes da escassez hídrica de forma a adotar a água de reuso para fins menos nobres, disponibilizando água bruta para usos nobres, como o abastecimento público. A Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul vem passando por um elevado estresse hídrico desde o ano de 2014. Dessa forma, neste trabalho, foi realizada

uma estimativa da capacidade disponível de reuso dos efluentes das ETEs inseridas no contexto dessa bacia, para fins de irrigação e uso agrícola. Para desenvolvimento do trabalho, foram adotados os dados levantados e apresentados no Atlas Esgotos – Despoluição de Bacias Hidrográficas, elaborado pela Agência Nacional de Águas – ANA e publicado em 2017. Assim, foi possível observar que atualmente existem 101 ETEs em operação, distribuídas em 41 municípios, dos 184 localizados na área da bacia. Dentre todas as ETEs estudadas, observou-se que a vazão de 917 L/s é proveniente de ETEs com grau primário ou primário avançado com eficiência de remoção de matéria orgânica inferior a 80% (Categoria 01); já a vazão de 3.373 L/s corresponde a um efluente do tipo secundário, proveniente de unidades com eficiências de remoção de matéria orgânica acima de 80% (Categoria 02); e 81 L/s correspondem a efluentes terciários que passaram por alguma etapa de desinfecção (Categoria 03). Assim, os efluentes da Categoria 02, devem passar por uma etapa de desinfecção para serem disponibilizados ao reuso e essa vazão representa aproximadamente 10% da demanda hídrica da bacia para o setor de irrigação. Já a vazão efluente da Categoria 03, teoricamente pronta para o reuso, representa somente 0,5% dessa demanda hídrica. Por fim, os efluentes da Categoria 01 necessitariam ainda de altos investimentos para sua adequação ao reuso, já adotam somente tecnologias primárias ou primárias avançadas em seus fluxogramas. Ressalta-se que no caso da Categoria 02, o reuso da totalidade desse efluente para a irrigação permitiria manter no rio Paraíba do Sul e seus afluentes uma vazão que atenderia uma população de aproximadamente 20 milhões de habitantes.

Palavras-chave: Recursos hídricos. Tratamento de Esgoto. Reuso de Água. Efluentes.

ABSTRACT

The reuse of effluents from sewage treatment stations - ETE is already common practice in several countries of the world and is now becoming more frequent in Brazil. This practice aims to minimize the impacts caused by water scarcity in order to adopt reuse water for less noble purposes, providing raw water for noble uses, such as public water supply. The Paraíba do Sul River Basin has been undergoing high water stress since the year 2014. Thus, in this work, an estimate was made of the available reuse capacity of the ETE effluents inserted in the basin context for irrigation purposes and agricultural use. For the development of the work, the data collected and presented in the Atlas Drainage - Watershed Cleanup, prepared by the National Water Agency (ANA) and published in 2017, were adopted. Thus, it was possible to observe that there are currently 101 ETEs in operation, distributed in 41 municipalities, of the 184 located in the basin area. Among all the TEEs studied, it was observed that the 917 L / s flow comes from TEEs with primary or advanced primary grade with organic matter removal efficiency lower than 80% (Category 01); the discharge of 3,373 L / s corresponds to an effluent of the secondary type, coming from units with efficiencies of removal of organic matter above 80% (Category 02); and 81 L

/ s correspond to tertiary effluents that have undergone some disinfection step (Category 03). Thus, Category 02 effluents must pass through a disinfection stage to be made available to the reuse and this flow represents approximately 10% of the water demand of the basin for the irrigation sector. The effluent flow of Category 03, theoretically ready for reuse, represents only 0.5% of this water demand. Finally, Category 01 effluents would still require high investments for their adequacy to reuse, they already adopt only primary or advanced primary technologies in their flowcharts. It should be emphasized that in the case of Category 02, the reuse of all this effluent for irrigation would allow to maintain in Paraíba do Sul river and its tributaries a flow that would serve a population of approximately 20 million inhabitants.

Keywords: Water resources. Sewage treatment. Water reuse. Effluents.

1 INTRODUÇÃO

A Bacia do Rio Paraíba do Sul abrange 184 municípios dos estados de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro, sendo 39 localizados no estado de São Paulo, 57 no estado do Rio de Janeiro e 88 em Minas Gerais, com territórios totais ou parcialmente inseridos nos limites da Bacia, está situada na Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste é a segunda mais populosa do Brasil e representa uma alta diversidade de atividades econômicas, além de contemplar um expressivo parque industrial, (ANA, 2017). A área de drenagem do Paraíba do Sul é de 61.301 km², sendo que 22,73% estendem-se pelo estado de São Paulo, 43,51% pelo estado do Rio de Janeiro e 33,76% pelo estado de Minas Gerais (AGEVAP, 2014).

Dos três estados pertencentes à bacia, o Rio de Janeiro é o mais dependente demandando aproximadamente 66% da água da bacia, seguido por São Paulo com 24% e Minas Gerais com apenas 10% (PSR, 2013). O rio Paraíba do Sul e seus afluentes abastecem 17,6 milhões de habitantes e 83% destes, encontram-se da região metropolitana do Rio de Janeiro, já que o Rio Guandu, principal fonte de abastecimento do Rio de Janeiro, é alimentado pela transposição das águas do Paraíba do Sul. É importante destacar que os principais usos consuntivos da bacia em 2010 eram: irrigação representando 82% de toda a água consumida, abastecimento urbano e rural consumindo 8%, industrial consumindo 7% e dessedentação de animais completando o total de 3% da água consumida (AGEVAP, 2011).

Desde 2014 a Bacia do Rio Paraíba do Sul vem enfrentando a pior estiagem dos últimos 85 anos, o que afetou a disponibilidade de água bruta e resultou nas reduções das vazões tanto do rio Paraíba do Sul quanto do rio Guandu. Neste cenário, tanto o setor público como o setor privado adotaram políticas com vistas à redução da captação de água na bacia, como forma de garantia do abastecimento doméstico. Caso essas políticas não tivessem sido adotadas, a estação seca do ano de 2015 teria se iniciado com os principais reservatórios da região operando em seus volumes mortos (BRITTO; CARNEIRO; JOHNSON, 2015). Já em 2017 segundo o Ministério de Integração Nacional, 15 municípios pertencentes à bacia tiveram reconhecimentos vigentes devido a estiagem, sendo que 14 municípios foram declarados em situação de emergência e 1 município em estado de calamidade pública. Todos esses municípios se encontravam no estado do Rio de Janeiro, (MI, 2017).

Nos dias atuais, aproximadamente 2/3 de toda a população mundial já convive com a escassez de água pelo menos em um mês do ano, e aproximadamente 500 milhões de pessoas vivem em áreas onde o consumo de água já supera sua disponibilidade (WWAP, 2017). O documento denominado *The Global Risks Report*, elaborado por ocasião do Fórum Econômico Mundial (realizado em Genebra, na Suíça, no ano de 2016) afirma que a crise da água será o problema mundial mais preocupante tanto para as pessoas como para a economia nos próximos 10 anos (WEF, 2016). Assim, é sabido que se torna essencial a redução global do consumo de água, a busca por sua utilização racional e a priorização de formas sustentáveis para seu manejo, visando o atendimento das necessidades, porém minimizando os impactos ambientais decorrentes do seu uso (DORIGON; TESSARO, 2010).

O reuso de efluentes se apresenta como uma importante ferramenta de uso racional de água no âmbito da gestão de recursos hídricos. Essa prática, além de mitigar os impactos no meio ambiente, decorrentes do lançamento de efluentes, reduz a captação de água dos mananciais permitindo maior disponibilidade hídrica para os diversos fins.

De acordo com a Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, CNRH nº 54/2005, o reuso de águas pode ser direto ou indireto e ainda pode ser adotado para diferentes fins. O reuso direto ocorre quando há a condução dessa água ao local de

utilização, de maneira planejada, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos. No caso do reuso indireto, essa utilização se dá após a diluição em rios ou aquíferos. Para o reuso direto não potável, a Resolução CNRH nº 54/2005, também define as seguintes modalidades: i) reuso para fins urbanos – irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações e combate a incêndio dentro da área urbana; ii) reuso para fins agrícolas e florestais – produção agrícola e cultivo de florestas plantadas; iii) reuso para fins ambientais – implantação de projetos de recuperação do meio ambiente; iv) reuso para fins industriais – processos, atividades e operações industriais; v) aquicultura – criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

O ciclo do uso da água já adota princípios de reuso. Em ambientes urbanos, rurais e industriais, os efluentes lançados nos corpos hídricos são misturados às águas. Posteriormente, à jusante, essas águas são captadas para diversos fins, caracterizando o reuso indireto. No Brasil, pratica-se com certa frequência o reuso indireto de maneira não planejada, já que em muitos casos, a gestão de lançamento de efluentes e captação de águas em uma bacia é ineficiente. Na Inglaterra, segundo Silva et al (2016), o lançamento de um efluente de muito boa qualidade no rio *Chelmer*, nas proximidades de *Langford*, é considerado uma prática de reuso potável indireto, já que há uma captação para abastecimento público doméstico a 8 km de distância do ponto de lançamento.

Em todo mundo, o reuso de efluentes de Estações de Tratamento de Esgotos - ETEs vem sendo adotado para fins de minimizar os impactos de eventos severos de estresse hídrico. Países da região do mediterrâneo, do oriente médio, da Oceania e da América Central enfrentam graves problemas de abastecimento público, e o reuso de efluentes para fins menos nobres ou até mesmo para uso potável nessas regiões é adotado para aumentar a disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas (SILVA et al., 2016)

Os efluentes de ETEs podem apresentar muito boa qualidade em função das tecnologias adotadas nos fluxogramas implantados. Comumente adota-se a nomenclatura de etapa primária, secundária e terciária para classificar os desempenhos de uma ETE em

relação à remoção de poluentes específicos. Assim, entende-se que efluentes de etapas terciárias apresentam melhor qualidade. Entretanto, no Brasil, já se adota o reuso para fins menos nobres de efluentes secundários clorados, atendendo diretrizes de reuso determinados pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e pelo Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB). Segundo Bastos et al. (2008), essas são as principais diretrizes de reuso de efluentes utilizadas no país, visto que no território nacional ainda não é possível contar com um aspecto legal federal que aborde parâmetros de qualidade de água para os diversos fins de reuso.

2 OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho é avaliar a possibilidade de utilização de reuso de estações de tratamento de esgotos como fonte de água na matriz hídrica da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul. Para isso, foram estudados os seguintes objetivos específicos:

- Definição dos municípios da Bacia que possuem estações de tratamento de esgotos e classificação das vazões efluentes em diferentes níveis de desempenho na remoção de poluentes;
- Avaliação da disponibilidade hídrica e da demanda de água atual da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul para irrigação e uso agrícola;
- Cálculo da estimativa de capacidade de produção de água de reuso para fins de irrigação e uso agrícola no âmbito da Bacia.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido a partir dos estudos gerados pelo Atlas Esgotos – Despoluição de Bacias Hidrográficas, elaborado pela Agência Nacional de Águas – ANA e publicado em 2017. O Atlas é um documento público que apresenta avaliações detalhadas em relação à abordagem dos recursos hídricos aplicada ao setor do saneamento, para cada

uma das 5570 sedes urbanas do Brasil (ANA, 2017). Neste estudo, além de diversas informações relevantes para a gestão de recursos hídricos e saneamento, estão apresentados os seguintes dados que foram usados no desenvolvimento do presente trabalho de pesquisa para os municípios da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul:

- Existência de ETE;
- Tecnologias de tratamento adotadas no fluxograma da ETE;
- Eficiência na remoção de matéria orgânica;
- Vazão atual;
- Situação (em operação, em projeto ou em obra);

Os itens *tecnologia de tratamento adotada no fluxograma da ETE e eficiência na remoção de matéria orgânica* foram usados com o objetivo de se inferir sobre a qualidade atual do efluente final e ainda de se propor uma etapa avançada para a desinfecção nos casos de fluxogramas finalizados em etapa secundária.

É importante destacar, que em relação à desinfecção de efluente, existem algumas tecnologias disponíveis, tais como cloração, radiação UV (natural e artificial), ozonização, filtração de areia/carvão e os processos que envolvem membranas. Essas tecnologias apresentam ações distintas em função de operações unitárias que adotam processos físicos, químicos, biológicos ou uma interação entre eles, além de custos também diferentes tanto para operação e manutenção como para implantação. No Brasil, há uma forte característica de adoção da tecnologia de cloração, mesmo sabendo-se da possível formação de trihalometanos em presença de matéria orgânica. Entretanto, segundo Souza e Santos (2016), em alguns países do mundo, como é o caso da Holanda, não se permite a adoção do cloro para desinfecção nem mesmo da água de abastecimento. Ainda no Brasil, as lagoas de maturação, que abordam a radiação UV natural, são adotadas como últimas unidades de um conjunto clássico de lagoas ou até mesmo como polimento do efluente do reator UASB. Nestes casos, o decaimento bacteriano ocorre em função da radiação UV natural, da predação de outros organismos superiores, da competição por alimentos e ainda por sedimentação. A tecnologia de ozonização envolve um elevado custo e uma complexidade

operacional em função da necessidade de produzir o ozônio *in loco* através de um ozonizador. Por fim, os processos que envolvem membranas vêm ganhando espaço no Brasil e já apresentam ampla utilização em todo o mundo. Assim, as membranas, podem alcançar a remoção de bactérias e de vírus de acordo com o tamanho dos seus poros. Entretanto, essa tecnologia acompanha um elevado consumo de energia elétrica que conseqüentemente eleva o seu custo operacional e ainda demanda uma operação qualificada.

Assim, percebe-se que cada tipologia de reuso demanda uma determinada tecnologia de desinfecção. Sabe-se, por exemplo, que o reuso urbano, conforme já destacado neste texto, é adotado para usos de água pouco nobres. Sendo assim, demandam tecnologias de desinfecção menos eficientes. Entretanto, o uso mais nobre que é o abastecimento público demanda tecnologias de desinfecção mais eficientes, como é o caso das membranas.

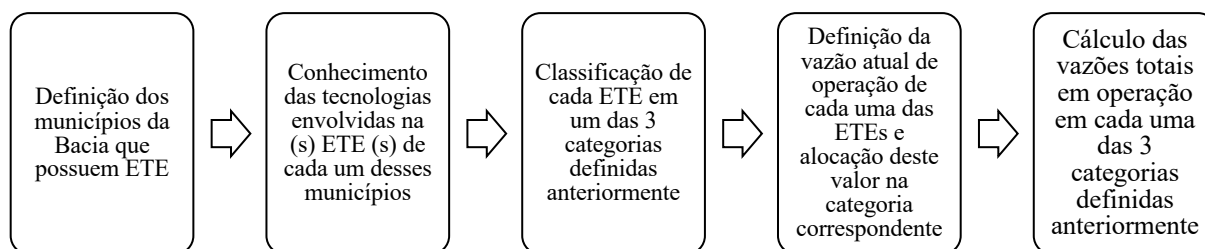
Dessa forma, foram definidas categorias de estudo, em relação ao desempenho na remoção de poluentes, conforme é possível observar na Tabela 1. Essa categorização teve o objetivo de classificar os efluentes em três situações: 1) ETEs que requerem altos investimentos para adequação do efluente ao reuso, já que necessitam ainda de uma etapa secundária ou um polimento anteriormente à desinfecção. 2) ETEs que deveriam acrescentar somente uma etapa de desinfecção em seus fluxogramas para disponibilizarem o efluente ao reuso, já que apresentam qualidade de efluente secundário; 3) ETEs que poderiam fornecer diretamente o efluente para reuso, por levarem em consideração em seus fluxogramas alguma tecnologia com objetivo de remoção de organismos patogênicos.

Tabela 1 – Categorização das ETEs localizadas nos municípios da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul em função dos desempenhos em relação à remoção de matéria orgânica

Categoria	Fluxogramas abordados	Faixa de eficiência de remoção de matéria orgânica	Observações
01	Fluxogramas que adotam somente uma etapa primária ou etapa primária	< 80%	Essas ETEs deveriam passar por adequações

	avançada, com eficiência de remoção de matéria orgânica inferior a 80%. Importante ressaltar que aqui foram incorporados alguns fluxogramas secundários que no estudo original da ANA apresentaram eficiências inferiores a 80% de remoção de matéria orgânica.		mais elaboradas a fim de oferecerem efluentes aptos à desinfecção e posteriormente serem incorporados ao reuso.
02	Fluxogramas que adotam até etapa secundária com eficiência de remoção de matéria orgânica acima de 80%. Ressalta-se que aqui, além de sistemas secundários, foram incorporados sistemas primários avançados que apresentam eficiência superior a 80% e sistemas terciários para remoção de nutrientes.	> 80%	Neste caso, trata-se de efluentes que estariam aptos a passarem somente por uma etapa de desinfecção para serem oferecidas ao reuso.
03	Fluxogramas que adotam alguma tecnologia de remoção de organismos patogênicos em seu fluxograma, como as lagoas de maturação.	> 80% desinfecção	e Efluentes que estariam aptos ao reuso direto.

A partir do entendimento e da compilação dos dados apresentados no Atlas Esgotos – Despoluição de Bacias Hidrográficas (2017), o trabalho se desenvolveu a partir do seguinte fluxograma:



Por fim, as vazões de cada categoria foram comparadas à vazão captada na bacia para a irrigação e uso agrícola, que segundo dados do próprio comitê da bacia, o CEIVAP, esteve em torno de 30.000 L/s no ano de 2001 (CEIVAP, 2001).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente estudo, pôde-se observar que somente 41 dos 184 municípios que compõem a bacia hidrográfica do Paraíba do Sul possuem pelo menos uma Estação de Tratamento de Esgotos em operação. Ressalta-se aqui, que conforme descrito no próprio Atlas Esgotos, em alguns municípios em todo o país, não houve interlocução entre a ANA e a prefeitura municipal para coleta de dados. Dessa forma, é possível que alguns municípios da bacia tenham ETE, entretanto não estão aqui representadas. Assim, as ETEs distribuídas nos 41 municípios mencionados, somam um total de 101 unidades, com vazões variando entre a mínima de 0,3 L/s (ETE Pedrinhas em Guaratinguetá) e a máxima de 826,4 L/s (ETE Lavapés em São José dos Campos).

Na Tabela 2 podem ser observadas as principais características dos municípios que possuem ETE no âmbito da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e as principais características desses ETEs. Ainda, as vazões de operação de cada uma delas encontram-se categorizadas conforme já descritos anteriormente.

Tabela 2 - Municípios com ETE na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul e características de população e vazões totais geradas no município e tratadas.

Município UF	Populaç ão Urbana (2013)	ETE no Município	Eficiênci a Adotada (%)	Fluxograma	Vazão afluyente por Categoria (L/s)		
					01	02	03
Argirita – MG	2.209	Argirita	70,0	RA	2,6		
Carangola – MG	26.916	Carangola	65,0	RA	6,5		
Juiz de Fora - MG	539.735	Barbosa Lage	90,0	LAAP	70,0		
		Barreira do Triunfo	94,0	LAAP	18,0		
Muriaé – MG	97.940	José Cirilo	72,0	RA + FA	10,0		
		Safra	72,0	RA + FA	20,0		
		Dornelas	78,0	RA + FA	17,0		
Pedra Dourada - MG	1.392	Pedra Dourada	80,0	RA + LF	2,5		
Barra do Pirai - RJ	93.396	Califórnia	60,0	RA	10,5		
		Manibra	60,0	RA	10,5		
Campos dos	430.894	Guarus	95,0	RA+FAS	34,1		

Goytacazes – RJ		Codin	84,0	LA	14,2
		Imperial	97,0	RA+FAS	33,5
		Donana	78,0	RA+FAS	13,6
		Paraíba	85,0	LA	133,8
		Chatuba	90,0	RA+LA-N*	67,4
Italva – RJ	10.491	Italva	60,0	RA	5,2
Miguel Pereira – RJ	21.652	Miguel Pereira	90,0	LAAP	13,0

Tabela 2 - Municípios com ETE na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul e características de população e vazões totais geradas no município e tratadas (continuação).

Município UF	População Urbana (2013)	ETE no Município	Eficiência Adotada (%)	Fluxograma	Vazão afluyente por Categoria (L/s)			
					01	02	03	
Nova Friburgo – RJ	161.158	Campo do Coelho	85,0	MBBR	5,0			
		Olaria – NF	85,0	MBBR	120,0			
		Centro – NF	85,0	MBBR	100,0			
Petrópolis - RJ	283.160	Palatinato	89,0	RA + LA	160,0			
		Terminal Rodoviário	65,0	RA	2,0			
		Unimed	78,0	RA+FAS	1,0			
		Cocada	81,0	FS + FA	1,0			
		Roseiral	35,0	FS + FA	1,0			
		Quitandinha	78,0	RA+FAS	250,0			
		Granja Brasil	81,0	RA+FAS		9,0		
		Biossistema Nogueira	72,0	RA + FA	2,0			
		Sistema Piabanha	95,0	MBBR		120,0		
		Biossistema V.	72,0	RA + FA	1,0			
		Ipaneam						
		Correias	96,0	RA+FAS		15,0		
		Biossistema V.	87,0	LAE +LM			1,0	
		Carangola		+Wetlands				
		Ceará B.	72,0	FS+FA	1,0			
		Quarteirão Brasileiro	89,0	RA + FA		2,0		
		Getúlio Vargas	35,0	FS+ FA	1,0			
Biossistema Bonfin	73,0	RA + FA	1,0					
Taquara	35,0	FS+ FA	1,0					

Piraí – RJ	21.625	Sub bacia A	65,0	RA	3,6	
		Sub bacia D	65,0	RA	11,6	
Resende - RJ	115.722	Alegria	78,0	RA + FAZ	37,4	
		Contorno	90,0	LAB		10,0
		Monet	85,0	RA + LA		4,3
		Isaac POLiti	86,0	LAE+ LF		4,3
		Sev Artis	90,0	LAAP		37,4
		Aman	90,0	LAN+ LF +LM		
São João da Barra – RJ	26.638	São João da Barra	60,0	RA	3,6	
Três Rios - RJ	76.418	Bairro Cidadão	65,0	RA	6,7	
Volta Redonda – RJ	261.403	Eng. Gil Portugal	95,0	RA + LA		126,4
		Santa Rita	85,3	RA + FP		27,1
		Volta Grande IV	70,8	RA	8,4	
		Bugio	89,2	RA		5,6
		Curral	90,8	LAB		22,6
		Poço	81,4	LAB		6,1
		Eng. Silvino Streva	70,6	RA + FP	8,3	
Aparecida - SP	35.625	Aparecida	80,0	LAB		49,1
Arapeí – SP	1.911	Arapeí	81,0	RA + LA		1,5

Tabela 2 - Municípios com ETE na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul e características de população e vazões totais geradas no município e tratadas (continuação).

Município UF	Populaç ão Urbana (2013)	ETE no Município	Eficiênci a Adotada (%)	Fluxograma	Vazão afluyente por Categoria (L/s)		
					01	02	03
Arujá – SP	78.081	Arujá	82,0	LAE+LD		74,5	
		São Miguel	86,	LA		5,9	
		Vila Arujá	30,0	RA	2,1		
Bananal – SP	8.522	Bananal	75,0	LF	10,4		
Caçapava – SP	76.723	Bacia Central	75,0	LF	57,5		
		Bacia Leste	82,0	LAE+LD		52,4	
		Bacia Oeste	82,0	LAE+LD		49,0	
Cachoeira Paulista – SP	25.960	Cachoeira Paulista	75,0	LF	18,0		
Canas – SP	4.383	Canas	75,0	LF	4,5		
Guararema –	23.819	Guararema - Sede	90,0	LAB		6,6	

SP					
Guaratinguetá – SP	112.088	Campo do Galvão	94,0	LAAP	22,6
		Vila Bela	88,0	LAAP	18,4
		Pedrinhas	94,0	LAAP	0,3
Igaratá – SP	7.338	Igaratá	75,0	LF	5,5
Jacareí – SP	219.983	Vila Branca	90,2	LA	11,6
		Santa Paula	82,4	LA	8,5
		22 de abril	84,1	RA + LA	2,6
		Parque Meia-Lua	92,3	LA	9,1
		Bandeira Branca	85,5	LAAP	4,2
		São Silvestre	84,0	LF	7,5
		Central	86,5	RA + LA	110,0
Jambeiro – SP	2.809	Jambeiro	81,0	RA + FA	4,2
Lagoinha – SP	3.219	Lagoinha	85,0	LA	4,0
Lavrinhas – SP	6.379	Capela do Jacu	81,0	LA	2,8
Lorena – SP	83.864	Lorena	75,0	LAN+LF	121,7
Monteiro Lobato – SP	1.891	Monteiro Lobato	35,0	FS + FA	2,1
Pindamonhan-gaba – SP	151.413	Sede	75,0	LAN + LF	149,0
		Araretama	90,0	LAB	67,7
		Moreira Cesar	75,0	LAN+LF	100,0
Redenção da Serra – SP	2.258	Redenção da Serra	90,0	LAB	2,1
Roseira - SP	9.656	Roseira	82,0	LAE+LD	11,6
São José do Barreiro - SP	2.949	São José do Barreiro	75,0	LAN + LF	4,6
São José dos Campos - SP	659.558	Lavapés	90,0	LAAP	826,4
		Pararangaba	95,0	LAAP	300,4
		Vista Verde	89,6	LAAP	36,7
		Urbanova	82,5	LF + LM	51,6
São Luís do Paraitinga - SP	6.373	S. Luís do Paraitinga	82,0	LAE + LD	7,5
Silveiras - SP	3.024	Silveiras	75,0	LAN+LF	4,2

Tabela 2 - Municípios com ETE na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul e características de população e vazões totais geradas no município e tratadas (continuação).

Município UF	Populaç ão Urbana (2013)	ETE no Município	Eficiênci a Adotada (%)	Fluxograma	Vazão afluyente por Categoria (L/s)		
					01	02	03
Taubaté - SP	290.035	Estoril	90,0	LAB		23,2	
		Marlene Miranda	90,0	LAB		23,2	
		Taubaté/Tremendé	90,0	LAAP		418,0	
Tremembé - SP	39.538	Taubaté/Tremendé	90,0	LAAP		49,9	
Vazão total de efluente em cada categoria na Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul					917	3.373	81

Legenda

FA - Filtro anaeróbio
 FAS - Filtro aerado submerso
 FP - Filtro percolador
 FS - Fossa séptica
 LA - Lodo ativado
 LAB - Lodo ativado em batelada
 LAAP - Lodo ativado com aeração prolongada
 LAE - Lagoa aerada
 LAN - Lagoa anaeróbia
 LA-N* - Lodo ativado com remoção biológica de N
 LD - Lagoa de decantação
 LF - Lagoa facultativa
 LM - Lagoa de maturação
 MBBR - Lodo ativado com MBBR
 RA - Reator anaeróbio

Pode-se observar que na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, são gerados aproximadamente 3.373 L/s de efluente secundário que poderiam ser disponibilizados ao reuso somente com a inclusão de uma etapa de desinfecção no fluxograma atual de operação (Categoria 02) e somente 81 L/s poderiam ser disponibilizados diretamente para o reuso (Categoria 03). Ainda, 917 L/s poderiam ser disponibilizados ao reuso somente após a inclusão de uma etapa secundária ou de polimento ao fluxograma atual de operação, além de uma etapa de desinfecção (Categoria 01).

Considerando-se que a demanda hídrica da bacia para a prática de agricultura e irrigação é de aproximadamente 30.000 L/s (AGEVAP, 2001), os efluentes da Categoria 02 representam pouco mais de 10% dessa demanda. Assim, a adoção obrigatória da prática de reuso para este fim, poderia manter disponível no manancial uma vazão correspondente ao abastecimento público de uma população equivalente de quase 20 milhões de habitantes, considerando-se um consumo per capita de água de aproximadamente 150 L/s.

Cabe destacar que a prática de reuso para a agricultura já é praticada em outros países do mundo como forma de tornar mais eficiente o uso da água e disponibilizar a água bruta anteriormente alocada para este fim, para outros usos múltiplos. Cita-se aqui a gestão de águas de Israel, que de acordo com o documento denominado *Water Management in Israel*, publicado em agosto de 2017 (MARIN, 2017), o país promulgou sua legislação de reuso em 2010 e somente em 7 anos foi possível destinar todo o efluente gerado para a irrigação em áreas agricultáveis no país. Isso corresponde a aproximadamente 40% de toda a água usada em irrigação em todo o território israelense. Todas as ETEs do país foram otimizadas para o tratamento terciário e seus efluentes podem ser usados em todas as culturas, sem restrição. Por fim, é importante destacar que a política de Israel ainda adota diferentes valores para as distintas fontes de água, sendo a água de reuso a de menor valor dentre as demais (água superficial e água dessalinizada), fomentando e incentivando a adoção da água de reuso na irrigação.

No Brasil, é possível citar algumas experiências de sucesso em relação ao reuso de efluentes, mas uma delas merece destaque, apesar de não ser para irrigação. Trata-se do Projeto Aquapolo que é o maior empreendimento para a produção de água de reuso industrial na América do Sul e o quinto maior do planeta. Apesar de ter capacidade para produzir até 1000 L/s de água de reuso, atualmente fornece por contrato, 650 L/s para o Polo Petroquímico da Região do ABC paulista. Para isso, parte do efluente da ETE ABC (operada pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP) é direcionada ao Aquapolo que adota a tecnologia de membranas para oferecer água de reuso de alta qualidade para as indústrias do Polo (AQUAPOLO, 2018).

Em função da evolução dos aspectos legais e normativos brasileiros é possível observar que no país, diferentemente de Israel, existe uma maior preocupação em relação

ao reuso urbano e ao reuso industrial. No Brasil ainda encontra-se em tramitação junto ao Ministério das Cidades, uma proposta de arcabouço legal federal para regulamentação das práticas de reuso, entretanto alguns estados e municípios já promulgaram suas leis, tais como município de São Paulo/SP, estado de São Paulo, município de Campinas/SP, Estado da Bahia, estado do Rio de Janeiro, estado do Ceará e outros. Entretanto, todos eles abordam somente as tipologias de reuso industrial e/ou urbano.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho sugere que o reuso seja considerado como instrumento para o aprimoramento da gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas. O sudeste brasileiro vem passando por uma severa seca desde 2014 e esta situação tem gerado muitas incertezas para o futuro da gestão das águas, impondo ao poder público identificar alternativas para a maior eficiência do uso de recursos hídricos e atendimento à demanda crescente de água da sociedade, portanto garantia da Segurança Hídrica.

A água de reuso pode se tornar uma relevante ferramenta para o alívio das pressões hídricas na bacia e no país como um todo, para usos menos nobres do que o abastecimento público. Dessa forma, estima-se que 10% da demanda hídrica para irrigação poderia ser suprida com água de reuso das ETEs incluídas neste estudo na Categoria 02. Ressalta-se que a Categoria 02 aborda os efluentes de fluxogramas secundários, que devem ainda incorporar uma etapa de desinfecção para este fim.

Como já mencionado anteriormente, há diferentes tecnologias de desinfecção atualmente em uso, que apresentam seus desempenhos em função da qualidade do efluente secundário e devem ser adotadas em função das seguintes características de concepção: qualidade desejada de acordo com a demanda de reuso; custo de implantação; custo de operação e manutenção; consumo de energia elétrica; e complexidade operacional. Ainda, os efluentes gerados na bacia que teoricamente já estariam adequados à algumas tipologias de reuso, por já passarem por uma etapa de desinfecção em seus fluxogramas atuais correspondem a menos de 0,5% da demanda atual. Isso equivale a 81 L/s. Por fim,

917 L/s ainda deveriam passar por uma etapa secundária ou de polimento além da etapa de desinfecção para serem disponibilizados ao reuso.

Conclui-se então, que apesar de somente 43 municípios dos 184 que compõem a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul possuírem ETEs, os efluentes secundários já poderiam suprir 10% da demanda hídrica para a irrigação na região da bacia, após adequação para implantação de etapa de desinfecção. Essa ação corresponde a manter nos mananciais água suficiente para abastecer aproximadamente 20 milhões de habitantes.

6 REFERÊNCIAS

AGEVAP. ASSOCIAÇÃO PRÓ-GESTÃO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL. **Relatório técnico - bacia do rio paraíba do Sul - subsídios às ações de melhoria da gestão**. Resende, RJ, 2011.

_____. **Plano integrado de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio paraíba do sul e planos de ação de recursos hídricos das bacias afluentes**. Relatório de Diagnóstico RP-06, Tomo I. 2014.

_____. **Plano integrado de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio paraíba do sul e planos de ação de recursos hídricos das bacias afluentes**. Relatório de Diagnóstico RP-06, Tomo II. 2014.

ALMEIDA, R. G. B.; CAPOZZOLI, C. R. **Avaliação da severidade da estiagem na bacia do rio Paraíba do Sul no ano hidrológico de 2013-2014**. 15º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia Ambiental, 2015, Bento Gonçalves-RS.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Plano de Ações Complementares para a Gestão da Crise Hídrica na Bacia do Rio Paraíba do Sul**. Brasília, DF, 2015.

_____. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2017: Relatório Pleno**, Brasília/DF, 169p. 2017

_____. **Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas**. Brasília, DF, 2017. 88p.

BASTOS, R.K.X.; KIPERTOK, A.; CHERNICHARO, C.A.L.; FLORENCIO, L.; MONTEGGIA, L.O.; VON SPERLING, M.; AISSE, M.; BEVILACQUA, P.D.; PIVELI, R. P. Subsídios à Regulamentação do Reúso de Água no Brasil – Utilização de Esgotos Sanitários Tratados para Fins Agrícolas, Urbanos e Piscicultura. **Revista DAE**, v.177, 2008.

BRASIL (2003). Ministério do Meio Ambiente. **Resolução Nº 32**, de 15 de outubro 2003.

BRASIL (2005). Ministério do Meio Ambiente. **Resolução N° 54**, de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável da água. Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH. Brasília

BRASIL (2017). Ministério da Integração Nacional - MI. **Reconhecimentos Vigentes**. 2017.

BRITTO, A. L.; CARNEIRO, P. R. F.; JOHNSON, R. M. F. Abastecimento público e escassez hidrossocial na metrópole do Rio de Janeiro. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v.XIX, n.1, p. 185-208, 2015.

CAVALCANTI, I. F. A., KOUSKY, E. V. **Estiagem Durante o Verão e Outono de 2001 no Brasil e as Características Atmosféricas Associadas**. Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos, 2001.

CARNEIRO, P. R. F. **O que é preciso saber sobre a crise hídrica na bacia do rio Paraíba do Sul**. FAPERJ, março, 2015. Disponível em: <<http://www.coppe.ufrj.br/pt-br/o-que-e-preciso-saber-sobre-a-crise-hidrica-na-bacia-do-rio-paraiba-do-sul>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

DORIGON, E. B.; TASSARO, P. Caracterização dos efluentes da lavagem automotiva em postos de atividade exclusiva na região AMAI – Oeste catarinense. **Unoesc & Ciência** – ACBS, Joaçaba, v.1, n.1, p. 13-22, jan./jun. 2010.

FERNANDES, V. M. C. **Padrões para reuso de águas residuárias em ambientes urbanos**. II Simpósio Nacional sobre o Uso da Água na Agricultura, 2006, Passo Fundo.

MARIN, P.; TAL, S.; YERES, J.; KLAS, R. **Water Management Israel**. Key Innovations and Lessons Learned for Water-Scarce Countries. World Bank Group. Washington, DC. 2017.

PROJETO AQUAPOLO. Disponível em: www.aquapolo.com.br. Acesso em: 18 abr. 2018.

PSR- Energy Consulting and Analytics. **Avaliação dos impactos de novas transposições de vazão no rio Paraíba do Sul R4**: demandas de uso da água consuntivo e não consuntivo. 2013.

SOUZA, M. M.; SANTOS, A. S. P. Água potável, água residuária e saneamento no Brasil e na Holanda no âmbito do Programa de Visitação Holandês Dutch Visitors Programme. **Revista de Engenharia Ambiental e Sanitária**, v.21, n.2, p. 187-395, 2016.

SILVA, K.C.; SANTOS, R. A.; SANTOS, A. S. P. Estudo sobre a Atual Situação do Reuso de Águas Servidas Tratadas no Brasil e no Mundo. **XVII Simpósio Luso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Florianópolis/SC (2016).

WEF - The World Economic Forum. **The Global Risks Report 2016**. Genebra, Suíça, 2016.

WWAP - United Nations World Water Assessment Programme. **The United Nations World Water Development Report 2017**. Wastewater: The Untapped Resource. Paris, UNESCO. 2017.