



ESGOTO TRATADO COMO FONTE ALTERNATIVA DE ÁGUA PARA A PRODUÇÃO DE COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS

Maria Eduarda Pereira de Almeida⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Doutoranda em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

Vanessa Mariano Rosa⁽¹⁾

Tecnóloga em Hidráulica e Saneamento Ambiental pela Faculdade de Tecnologia de São Paulo (FATEC-SP). Engenheira Civil pela Universidade Anhembi Morumbi. Consultora em estudos e projetos. Mestranda em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

Adriano Luiz Tonetti⁽¹⁾

Engenheiro Químico pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Mestre e Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Professor Livre-Docente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FECFAU) da UNICAMP.

Endereço⁽¹⁾: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – FECFAU. Av. Albert Einstein, 951, Cidade Universitária “Zeferino Vaz” – Campinas - São Paulo – CEP: 13083-852 – Brasil – Telefone: +55 (19) 3521-2369 – e-mail: m262645@dac.unicamp.br.

RESUMO

A produção de compósitos cimentícios é responsável pelo consumo de consideráveis volumes de matérias-primas naturais como areia, brita e água potável. No entanto, a busca por processos produtivos que causem menor impacto ao meio ambiente tem crescido, principalmente quando se trata do uso abundante de água potável, um recurso cada vez mais escasso em diversas regiões do planeta. Assim, apesar da convenção de que água com qualidade para o consumo humano é apta para produzir concretos e argamassas, diversos estudos em todo o mundo têm investigado o uso de fontes alternativas de menor qualidade que sejam capazes de manter (ou alterar de forma aceitável) as características físicas e mecânicas dos compósitos cimentícios. Dessa forma, o presente estudo se propôs a avaliar dos efeitos da substituição de 100% da água potável por esgoto tratado proveniente de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) em nível secundário (UASB + Filtros Biológicos Percoladores) localizada no município de Campinas (SP). A caracterização físico-química do efluente utilizado revelou que o mesmo estava em conformidade com os limites estabelecidos pelas normas brasileira (NBR 15900-1/2009), britânica (BS EN 1008/2002) e americana (ASTM C1602/C1602M/2012) para o uso de fontes alternativas de água na produção de concreto. Em relação as propriedades no estado fresco, constatou-se que a presença do esgoto tratado promoveu pequenas alterações nos tempos de início e fim de pega e redução média de 8% na consistência do compósito. Em se tratando das propriedades no estado endurecido, foram conduzidos ensaios de resistência mecânica à compressão axial e à tração por compressão diametral, bem como de propriedades físicas como massa específica (seca, saturada e real), índice de vazios e absorção de água. Os resultados obtidos expuseram que o uso de esgoto tratado promoveu aumentos na resistência à compressão axial média em todas as idades avaliadas e pequena redução aos 28 dias na resistência à tração. No caso das propriedades físicas, houve aumento no valor médio da massa específica saturada e uma tendência de redução nas médias de massa específica seca e real, bem como na absorção de água e índice de vazios. Apesar dessas variações, a condução da ANOVA não revelou diferenças estatisticamente significativas em nenhuma das propriedades analisadas, exceto para a resistência à compressão aos 28 dias. Portanto, percebe-se que o esgoto tratado com boa qualidade pode ser considerado como uma opção na busca pela redução do consumo de água na produção de compósitos cimentícios.

PALAVRAS-CHAVE: Reúso, Efluente Tratado, Água Potável, Concreto, Sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é grande consumidora de argamassas e concretos, materiais produzidos essencialmente a partir da mistura de areia, brita, cimento Portland e água. No entanto, os grandes volumes

necessários desses materiais e a escassez de recursos naturais têm aumentado a demanda pela produção de compósitos capazes de reduzir o impacto ao meio ambiente.

O consumo de água, por exemplo, é bastante alarmante: cerca de 1,7% do total de água consumido no planeta no ano de 2012 foi utilizado por empresas concretreiras (MILLER et al., 2018). Yahyaei et al. (2020) estimam que para produzir um metro cúbico de concreto sejam utilizados cerca de 500L de água na mistura e outros 300L na lavagem de um caminhão-betoneira. Habitualmente, a água utilizada na produção de compósitos cimentícios é potável e de ótima qualidade. Entretanto, sabendo-se da considerável demanda por água e da crise hídrica que acomete diversas regiões do planeta, a busca por fontes alternativas com menor qualidade, mas que ainda sejam capazes de suprir o consumo de água (ou parte dele) de forma a manter as propriedades físicas e mecânicas dos compósitos, bem como durabilidade em níveis aceitáveis tem crescido nas últimas décadas. Muitos estudos têm dado ênfase no aproveitamento da água proveniente da lavagem dos caminhões betoneira (BORGER et al., 1994, TSIMAS, ZERVAKI, 2011, ASADOLLAHFARDI et al., 2015, DE MATOS et al., 2020, BAHRAMAN et al., 2021, DELNAVAZ et al., 2022, BUN et al., 2022), no entanto uma outra fonte alternativa com elevada geração diária e que geralmente apresenta qualidade final aceitável para tal aplicação é o esgoto sanitário tratado.

Algumas normas, como a britânica BS EN 1008/2002 (BS, 2002), americana ASTM C1602/C1602M/2012 (ASTM, 2012) e brasileira NBR 15900-1/2009 (ABNT, 2009) tratam da qualidade desejável da água para uso em concreto bem como as variações aceitáveis em propriedades como o tempo de pega e a resistência à compressão. Apesar dessas normas listarem fontes de água que podem ser utilizadas e de dispensar a realização de ensaios em águas provenientes dos sistemas de abastecimento público, diferentemente da norma americana que não menciona proibição estrita, as normas britânicas e brasileira proíbem expressamente o uso de água de esgoto e água proveniente de esgoto tratado. No entanto, no caso da norma brasileira, a exceção se dá quando são consideradas águas adicionalmente tratadas por processos de filtração e flotação, e mediante o acordo entre o fornecedor e usuário (ABNT, 2009). Em relação a variação na resistência a compressão do concreto, as três normas concordam que reduções em até 10% em relação a amostras controle são aceitáveis. Já em relação a variação no tempo de pega, enquanto a norma americana define que pode haver reduções de até 1h ou atrasos de até 1h30min, a norma brasileira considera variações de até 25% em relação ao tempo de pega da amostra controle, assim como a britânica, que ainda determina que o tempo de início de pega não deve ser inferior a 1h e o tempo de fim de pega não deve ultrapassar 12h.

Isto posto, o presente trabalho estuda avaliar a substituição de água potável por esgoto tratado para a redução do consumo de água em atividades que, como a produção de compósitos cimentícios, não requerem elevada potabilidade, de forma a poupá-la para os usos mais nobres como o abastecimento público para consumo humano. Dessa forma, os bons resultados apresentados por autores como Tay e Yip (1987), Tay (1989), Lee et al. (2001), Duarte et al. (2019), Tonetti et al. (2019), Al-Joulani (2019) e Bouaich et al. (2022) para o teor de 100% de substituição encorajaram a execução da presente pesquisa.

OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é investigar o efeito do uso do esgoto tratado em substituição a água potável na produção de compósitos cimentícios como uma fonte alternativa para o atendimento da elevada demanda da indústria da construção civil de forma que a água potável possa ser poupada para usos potáveis.

METODOLOGIA

O presente trabalho desenvolve um recorte da metodologia desenvolvida por Almeida (2022), onde se avaliou, entre outros tópicos, a influência da substituição total da água potável por esgoto tratado na produção de compósito cimentício. O efluente tratado utilizado foi coletado na Estação de Tratamento Barão Geraldo (ETE Barão), localizada em Campinas (SP) e operada pela Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento (SANASA). A ETE Barão é composta por reatores UASB (*Upflow Anerobic Sludge Blanket*) seguidos de filtros biológicos percoladores e decantadores secundários. O efluente tratado e a água potável utilizados são apresentados na Figura 1. O efluente final da ETE Barão foi coletado e submetido a desinfecção durante um período de 30 minutos usando hipoclorito de cálcio a uma concentração de 12mg/L para garantir uma manipulação mais segura. Em seguida, foram analisadas propriedades físico-químicas do efluente tais quais:

pH, alcalinidade total, cor aparente, demanda química de oxigênio (DQO), condutividade elétrica, cloretos, nitrato, sólidos totais e oxigênio dissolvido (OD).

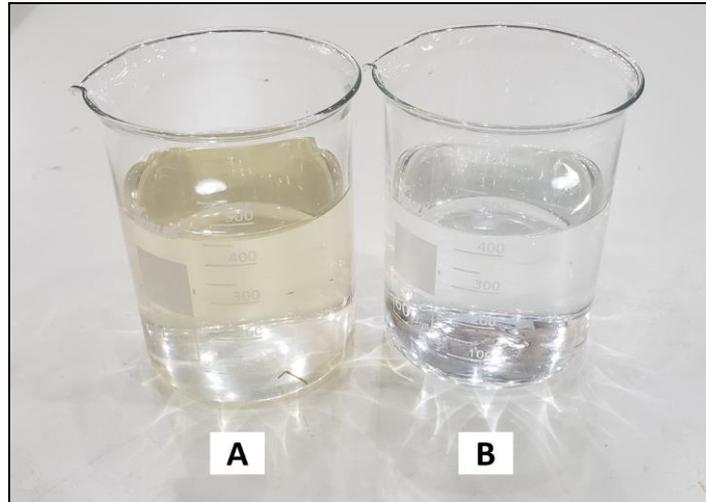


Figura 1: Efluente tratado (A) e água potável (B) utilizados no estudo.

Assim, conhecendo a qualidade do efluente e adotando o traço cujos consumos estão descritos na Tabela 1, foi possível moldar os corpos de prova necessários para a avaliação das propriedades físicas e mecânicas do compósito cimentício. Dessa forma, as amostras foram divididas em dois grupos: C0 produzido com água potável e C0-E produzido com 100% de substituição de esgoto tratado (Figura 2).

Tabela 1: Consumo de materiais para a produção de 1m³ de compósito.

Grupo	Quantidades				
	Cimento (kg/m ³)	Areia (kg/m ³)	Pedrisco (kg/m ³)	Água potável (L/m ³)	Esgoto tratado (L/m ³)
C0	500	788,72	871,45	225	-
C0-E	500	788,72	871,45	-	225

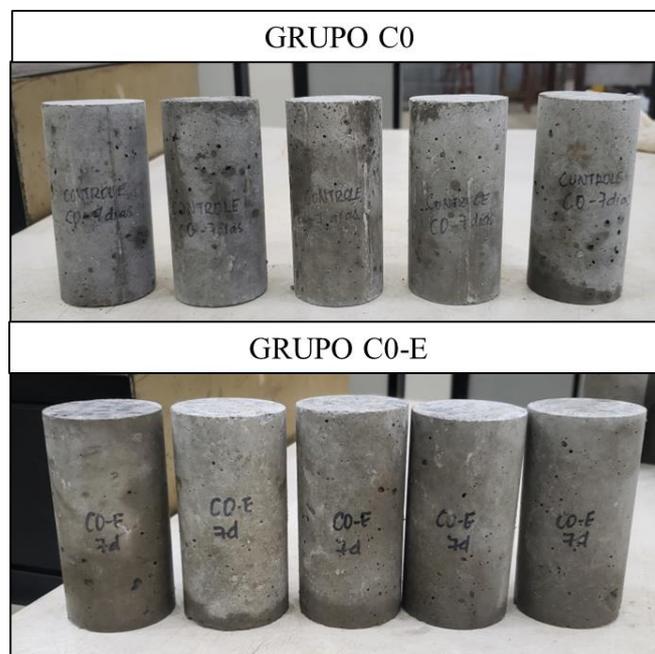


Figura 2: Grupos de corpos de prova moldados.

Assim, foram conduzidos os ensaios para determinação das propriedades físicas e mecânicas do compósito nos estados fresco (tempo de pega da pasta de cimento e consistência) e endurecido (resistência à compressão axial, resistência à tração por compressão diametral, massa específica, absorção de água e índice de vazios). Para avaliar se a alteração do tipo de água no traço provocou variações estatisticamente significativas nas propriedades físicas e mecânicas consideradas, foi conduzida a Análise de Variância (ANOVA) *one-way* com nível de significância de 5%, assumindo que a hipótese nula considera que a média dos resultados de cada um dos grupos são iguais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos ensaios da qualidade físico-química do efluente tratado coletado e da água potável estão disponíveis na Tabela 2. Ao comparar os resultados da qualidade do efluente com os limites normativos preconizados pelas normas brasileira, britânica e americana, percebe-se que todos os parâmetros avaliados ficaram bastante abaixo dos valores máximos definidos. Dessa forma, apesar de a estação de tratamento de esgoto em questão não ser produtora de água de reúso, o efluente final proveniente do tratamento em nível secundário se mostrou adequado para atender os critérios normativos de água para amassamento de compósitos cimentícios.

Tabela 2: Comparação da qualidade da água potável e do efluente tratado com os limites normativos.

Parâmetro	Água potável ¹	Efluente tratado	Limites normativos		
			Brasil	Reino Unido	Estados Unidos
pH	6,73	8,00	≥5	≥4	-
Alcalinidade total (mgCaCO ₃ L ⁻¹)	14	306,16	≤2 422 ²	≤ 2422 ²	≤ 600
Condutividade (µS)	-	829	-	-	-
Nitrato (mgNO ₃ -NL ⁻¹)	0,87	1,50	≤ 112,9 ³	≤ 112,9 ³	-
Oxigênio dissolvido (mgL ⁻¹)	-	9,18	-	-	-
DQO (mgL ⁻¹)	-	61,21	-	-	-
Sólidos totais (mgL ⁻¹)	-	437	≤ 50000	≤ 4ml de sedimentos	≤ 50.000
Cloretos (mgL ⁻¹)	50	98,05	≤ 500 (protendido ou graute)	≤ 500 (protendido ou graute)	≤ 500 (protendido ou graute)
			≤ 1000 (reforçado)	≤ 1000 (reforçado)	≤ 1000 (reforçado)
			≤ 4500 (simples)	≤ 4500 (simples)	-
Cor aparente (mgPt-CoL ⁻¹)	<1	160	-	-	-

¹Dados do relatório de qualidade da água; ² 2,422 mg CaCO₃/L é o equivalente a 1500 mg Na₂O/L determinado pela norma; ³ 112,9 mg NO₃-N/L é o equivalente a 500 mgNO₃-/L determinado pela norma.

Situação semelhante para o uso de efluentes de tratamento secundário foi registrada por autores como Ahmed et al. (2021), Asadollahfardi e tal. (2016), Catanzaro et al. (2019), Saxena e Tembhuakar (2019), Duarte et al. (2019) e Tonetti et al. (2019). Assim, embora à luz das normas essa prática não seja recomendada, analisando-se os resultados aqui obtidos e a experiência de outros autores, percebe-se que a depender da tecnologia utilizada e da eficiência da operação do sistema, estações que não tratam seus esgotos em nível terciário podem apresentar capacidade de produzir efluentes com características adequadas para o uso em concreto, sendo, portanto, uma alternativa com potencial de reduzir a demanda por água potável.

No que diz respeito a variação das propriedades do compósito no estado fresco, observou-se que o uso do efluente tratado praticamente não causou mudanças, conforme os dados disponíveis na Tabela 3. Enquanto o tempo de início de pega aumentou em 8 minutos, o tempo de fim de pega aumentou apenas 3 minutos. Em relação a consistência houve um decréscimo médio de 8% em relação ao uso de água potável, o que provavelmente está associado a presença de sólidos dissolvidos no esgoto que absorvem parte da água disponível para a mistura e interferem em sua consistência (BOUAICH et al., 2022; MEENA, LUHAR 2019). Essa variação, assim como a registrada para os tempos de início e fim de pega, está dentro dos limites definidos pelas normas brasileira, americana e britânica.

Tabela 3: Comparação do tempo de pega e abatimento do compósito cimentício produzido com água potável e esgoto tratado.

Tempo de pega						
Tipo de Líquido	Teor de água		Início	Acréscimo	Final	Acréscimo
	Volume	Porcentagem				
Água potável	159 mL	32%	2h49min	-	3h47min	-
Esgoto tratado	159 mL	32%	2h57min	+8min	3h50min	+3min
Consistência						
Grupo	Medidas				Média	Desvio-padrão
	1	2	3	4		
C0	14,8	14,6	14,8	14,6	14,70	0,12
C0-E	13,8	13,9	13,3	13,1	13,53	0,39

Os resultados do comportamento mecânico do compósito cimentício no estado endurecido estão apresentados nas Figuras 3 e 4. Em relação a resistência à compressão axial (Figura 3), percebe-se que em todas as idades de ensaio (7, 28 e 90 dias) houve uma tendência de crescimento da resistência, sendo mais pronunciada nas primeiras idades, como indicado pela inclinação das retas. Além disso, percebe-se que a resistência média das amostras produzidas com esgoto tratado foi superior à da amostra controle produzida com água potável em todas as idades (+12,8%, +18,4% e +3,6%, respectivamente, aos 7, 28 e 90 dias), respeitando-se a redução máxima de 10% na resistência à compressão requerida pelas normas brasileira, americana e britânica para a produção de concreto com fontes alternativas de água. O mesmo comportamento foi registrado para a resistência à tração (Figura 4) aos 7 dias (+8,13%), enquanto aos 28 dias a amostra controle apresenta média ligeiramente superior (-1,5%).

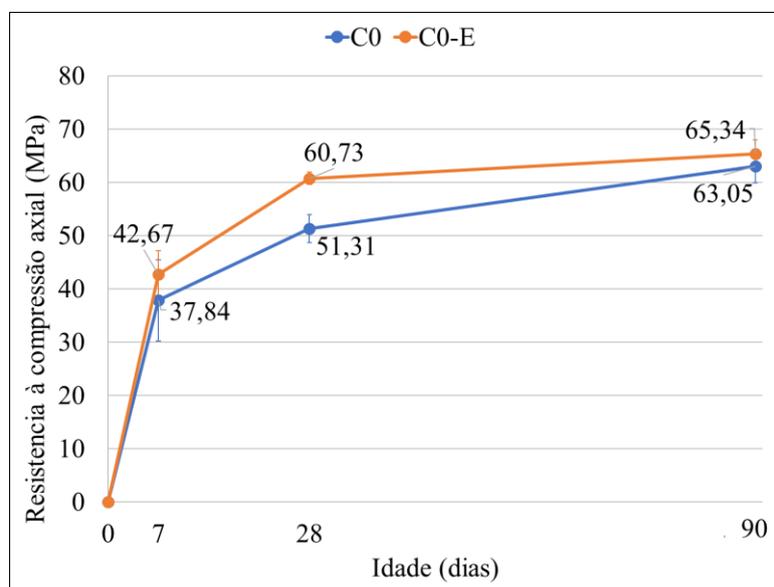


Figura 3: Resistência à compressão axial aos 7, 28 e 90 dias.

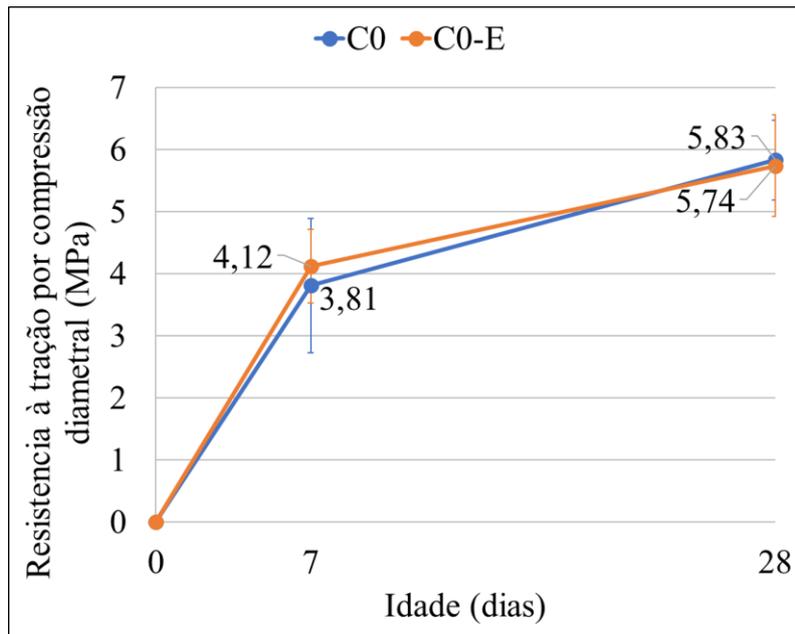


Figura 4: Resistência à tração por compressão diametral aos 7 e 28 dias.

Assim, percebe-se que a presença de esgoto tratado tendeu a afetar positivamente a resistência média à compressão e provocou pequeno efeito sobre a resistência média à tração. Os resultados da ANOVA para ambas as propriedades (Tabelas 4 e 5) não indicaram a existência de diferenças significativas entre as médias em nenhuma das idades analisadas, excetuando-se no caso da resistência à compressão aos 28 dias.

Tabela 4: Resultados ANOVA para a resistência à compressão axial aos 7, 28 e 90 dias.

7 dias						
Fonte da variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Média dos Quadrados	F0	F referência ($\alpha=0,05$)	P-value
Entre grupo	58,25	1	58,25	1,49	5,32	0,25600
Dentro do grupo	311,95	8	38,99	-	-	-
Total	370,20	9	-	-	-	-
28 dias						
Fonte da variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Média dos Quadrados	F0	F referência ($\alpha=0,05$)	P-value
Entre grupo	136,40	1	136,40	32,14	5,32	0,000471
Dentro do grupo	33,96	8	4,24	-	-	-
Total	170,36	9	-	-	-	-
90 dias						
Fonte da variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Média dos Quadrados	F0	F referência ($\alpha=0,05$)	P-value
Entre grupo	13,15	1	13,15	1,58	5,32	0,244217
Dentro do grupo	66,59	8	8,32	-	-	-
Total	79,74	9	-	-	-	-

Tabela 5: Resultados ANOVA para a resistência à tração por compressão diametral aos 7 e 28 dias.

7 dias						
Fonte da variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Média dos Quadrados	F0	F referência ($\alpha=0,05$)	P-value
Entre grupo	0,25	1	0,25	0,325	5,32	0,588900
Dentro do grupo	6,06	8	0,76	-	-	-
Total	6,31	9	-	-	-	-
28 dias						
Fonte da variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Média dos Quadrados	F0	F referência ($\alpha=0,05$)	P-value
Entre grupo	0,02	1	0,02	0,030	5,32	0,86248
Dentro do grupo	4,38	8	0,55	-	-	-
Total	4,40	9	-	-	-	-

Os valores de absorção de água, índice de vazios e massa específica para cada grupo são apresentados na Figura 5. Analisando os resultados obtidos para as propriedades físicas, é possível perceber que apesar do aumento no valor médio da massa específica saturada, houve uma tendência de redução das médias das massas específicas seca e real, absorção de água e índice de vazios.

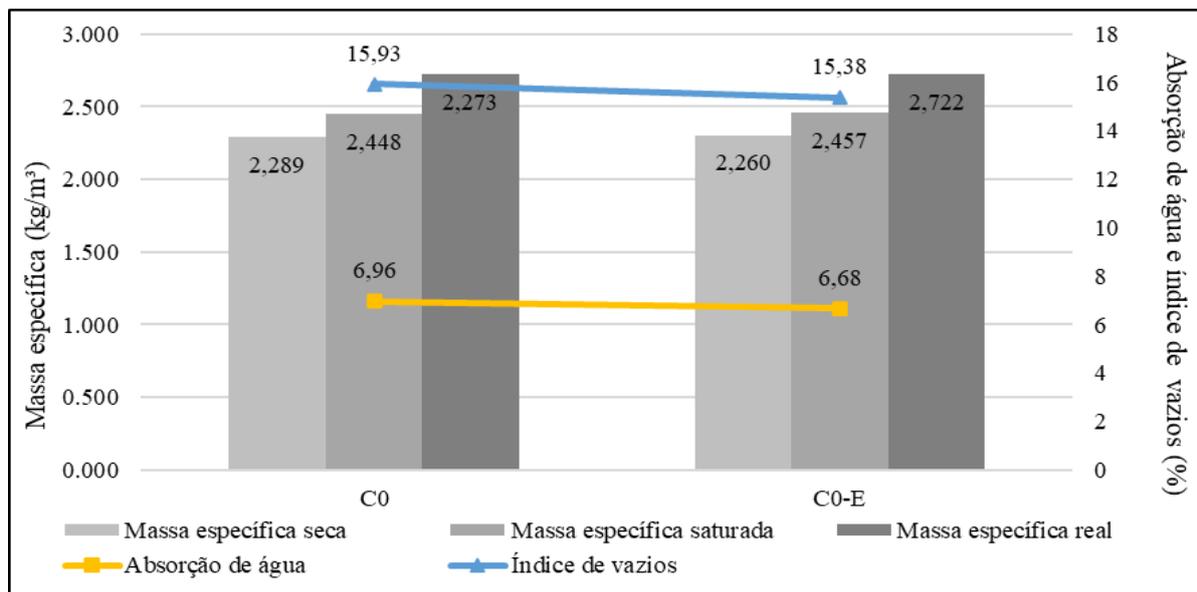


Figura 5: Absorção de água, índice de vazios e massas específicas seca, saturada e real.

Associa-se a redução em tais propriedades ao preenchimento dos poros do compósito pela presença de sólidos no efluente tratado ou pela liberação de substâncias por microrganismos, contribuindo não só para obtenção de uma estrutura mais compacta, com menos vazios e, conseqüentemente, menor absorção de água, mas também para o aumento da resistência (OLIVEIRA et al., 2016; SWAMI et al., 2015). Tais variações não foram consideradas significativas após a realização da ANOVA (Tabela 6).

Tabela 6: Resultados ANOVA para absorção de água, índice de vazios e massas específicas seca, saturada e real.

Absorção de água						
Fonte da variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Média dos Quadrados	F0	F referência ($\alpha=0,05$)	P-value
Entre grupo	0,13	1	0,13	1,675	6,61	0,2515
Dentro do grupo	0,39	5	0,08	-	-	-
Total	0,52	6	-	-	-	-
Índice de vazios						
Fonte da variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Média dos Quadrados	F0	F referência ($\alpha=0,05$)	P-value
Entre grupo	0,51	1	0,51	1,986	6,61	0,2170
Dentro do grupo	1,29	5	0,26	-	-	-
Total	550,54	6	-	-	-	-
Massa específica seca						
Fonte da variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Média dos Quadrados	F0	F referência ($\alpha=0,05$)	P-value
Entre grupo	0,00	1	0,00	0,725	6,61	0,43340
Dentro do grupo	0,00	5	0,00	-	-	-
Total	0,00	6	-	-	-	-
Massa específica saturada						
Fonte da variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Média dos Quadrados	F0	F referência ($\alpha=0,05$)	P-value
Entre grupo	0,00	1	0,00	0,440	6,61	0,54080
Dentro do grupo	0,00	5	0,00	-	-	-
Total	0,00	6	-	-	-	-
Massa específica real						
Fonte da variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Média dos Quadrados	F0	F referência ($\alpha=0,05$)	P-value
Entre grupo	0,00	1	0,00	0,004	6,61	0,95220
Dentro do grupo	0,00	5	0,00	-	-	-
Total	0,00	6	-	-	-	-

CONCLUSÃO

A qualidade do esgoto tratado respeitou os requisitos normativos brasileiro, britânico e norte-americano para o uso de fontes alternativas de água na produção de concreto. Além disso, quando empregado em total substituição à água potável, o efluente em nível secundário originou compósitos com resistência à compressão média superior à do compósito de referência em todas as idades, mas cujas diferenças não são consideradas significativas aos 7 e 90 dias. Ademais, afetou de forma positiva os resultados médios de propriedades como resistência à tração (aos 7 dias), absorção de água, índice de vazios e massa específica, mas cujas variações não foram consideradas significativas em relação ao compósito com água potável. Ainda, o uso do esgoto

tratado como água de amassamento causou pequenos atrasos nos tempos de início e fim de pega e reduziu ligeiramente a trabalhabilidade da mistura. Dessa forma, é possível concluir que o esgoto tratado possui potencial na substituição da água potável na produção de compósitos cimentícios, especialmente em regiões afetadas por dificuldade de disponibilidade hídrica para abastecimento. No entanto, ressalta-se a necessidade de condução de estudos adicionais, principalmente para avaliação da influência e interação em compósitos contendo armaduras de aço e para a realização de estudos mais profundos sobre a influência na durabilidade de artefatos e componentes produzidos com esgoto tratado.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 [processo n° 88887.513026/2020-00], do Conselho Nacional Científico e Tecnológico (CNPq) [processo n° 132145/2021-9] e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) [processo n° 2017/07490-4]. Os autores também gostariam de agradecer a Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento (SANASA) pela disponibilização do efluente tratado utilizado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT. NBR 15900: Água para amassamento do concreto, 2009.
2. AHMED, S. et al. Effect of recycled aggregates and treated wastewater on concrete subjected to different exposure conditions. *Construction and Building Materials*, v. 266, 2021.
3. AL-JOULANI, N. M. A. Effect of wastewater type on concrete properties. *International Journal of Applied Engineering Research*, v. 10, n. 19, p. 39865–39870, 2015.
4. ALMEIDA, M. E. P. Influência da incorporação do esgoto tratado a nível secundário e de agregados reciclados em compósitos cimentícios. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 186 p., 2022.
5. ASADOLLAHFARDI, G. et al. Experimental and statistical studies of using wash water from ready-mix concrete trucks and a batching plant in the production of fresh concrete. *Construction and Building Materials*, v. 98, p. 305–314, 2015.
6. ASADOLLAHFARDI, G. et al. Use of treated domestic wastewater before chlorination to produce and cure concrete. *Construction and Building Materials*, v. 105, 2016.
7. ASTM. ASTM C1602/C1602M - Standard Specification for Mixing Water Used in the Production of Hydraulic Cement Concrete. 2012.
8. BAHRAMAN, Mohanna et al. Feasibility study of using wash water from ready mixed concrete plant and synthetic wastewater based on tap water with different total dissolved solid to produce self-compacting concrete. *Journal of Building Engineering*, v. 41, p. 102781, 2021.
9. BORGER, J.; CARRASQUILLO, R. L.; FOWLER, D. W. Use of recycled wash water and returned plastic concrete in the production of fresh concrete. *Advanced Cement Based Materials*, v. 1, n. 6, p. 267–274, nov. 1994.
10. BOUAICH, F. Z. et al. Reuse of treated wastewater and non-potable groundwater in the manufacture of concrete: major challenge of environmental preservation. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 29, 2022.
11. BS. BS EN 1008 - Mixing water for concrete. BSI Standards Publication, 2002.
12. BUN, Polyka et al. Concrete made of 100% recycled materials-Feasibility study. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 180, p. 106199, 2022.
13. CATANZARO, G. et al. Evaluation of structural concrete made with biologically treated waters as an alternative to the use of drinking water. 7th International Engineering, Sciences and Technology Conference, 2019.
14. DELNAVAZ, Mohammad et al. Production of concrete using reclaimed water from a ready-mix concrete batching plant: Life cycle assessment (LCA), mechanical and durability properties. *Journal of Building Engineering*, v. 45, p. 103560, 2022.
15. DE MATOS, P. R. et al. Use of recycled water from mixer truck wash in concrete: Effect on the hydration, fresh and hardened properties. *Construction and Building Materials*, v. 230, p. 1–12, 2020.

16. DUARTE, N. C. et al. Water reuse in the production of non-reinforced concrete elements: an alternative for decentralized wastewater management. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*, v. 9, n. 3, p. 596-600, 2019.
17. LEE, O. S. et al. Treated Effluent in Concrete Technology. *Jurnal Teknologi*, v.34, 2001.
18. MEENA, K.; LUHAR, S. Effect of wastewater on properties of concrete. *Journal of Building Engineering*, v. 21, 2019.
19. MILLER, S. A.; HORVATH, A.; MONTEIRO, P. J. M. Impacts of booming concrete production on water resources worldwide. *Nature Sustainability*, 2018.
20. OLIVEIRA, D. D. N. et al. Production of concrete blocks using treated effluent for activated sludge and stabilization lagoons. *Revista Virtual de Química*, 2016.
21. SAXENA, S.; TEMBHURKAR, A. R. Developing biotechnological technique for reuse of wastewater and steel slag in bio-concrete. *Journal of Cleaner Production*, v. 229, 2019.
22. SWAMI, D.; SARKAR, K.; BHATTACHARJEE, B. Use of treated domestic effluent as mixing water for concrete: Effect on strength and water penetration at 28 days. *Indian Concrete Journal*, v. 89, 2015.
23. TAY, J.; YIP, W. Use of Reclaimed Wastewater for Concrete Mixing. *Journal of Environmental Engineering*, v. 113, 1987.
24. TONETTI, A. L. et al. Environmentally friendly interlocking concrete paver blocks produced with treated wastewater. *Water Science and Technology: Water Supply*, v. 19, 2019.
25. TSIMAS, S.; ZERVAKI, M. Reuse of wastewater from ready-mixed concrete plants. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, v. 22, n. 1, p. 7-17, 2011.
26. YAHYAEI, B.; ASADOLLAHFARDI, G.; SALEHI, A. M. Workability, mechanical, and durability properties of self-compacting concrete using the treated wastewater. *Structural Concrete*, 2020.