



## Consumo de Água em Canteiros de Obras: Um estudo de caso na cidade de Joinville/SC

### *Water Consumption in Construction Sites: A case study in the city of Joinville/SC*

**RAVIZZA, Kamilla:** Arquiteta e Urbanista, Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC).

E-mail: kamilla.ravizza@hotmail.com.

**KALBUSCH, Andreza:** Engenheira Civil, Doutora em Engenharia Civil, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC).

E-mail: andreza.kalbusch@udesc.br.

**HENNING, Elisa:** Engenheira Civil, Doutora em Engenharia de Produção, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC).

E-mail: elisa.henning@udesc.br.

[Linha temática: T2. Design e cidades sustentáveis]

#### **Resumo**

Compreender o consumo de água em canteiros de obras é importante porque permite o conhecimento dos fatores que podem influenciar a demanda do setor da construção civil e possibilita a criação de estratégias de conservação da água. Esse artigo apresenta um estudo de caso múltiplo, com o objetivo de avaliar o consumo de água em quatro canteiros de obras da cidade de Joinville/SC. As quatro obras em questão foram estudadas e comparadas com base nas seguintes informações: área construída, número de pavimentos, número de apartamentos, número de dormitórios e banheiros por apartamento, método construtivo e utilização de mão de obra terceirizada *versus* própria. Os indicadores de consumo de água em  $m^3$  para cada  $m^2$  de área construída, encontrados nesse estudo, variaram entre  $0,139m^3/m^2$  e  $0,376m^3/m^2$ .

**Palavras-chave:** Consumo de Água; Canteiro de Obras; Água; Sustentabilidade.

#### **Abstract**

*Understanding water consumption at construction sites is important because it allows knowledge of the factors that can influence demand in the civil construction sector and enables the creation of water conservation strategies. This article presents a multiple case study, with the objective of evaluating water consumption in four construction sites in the city of Joinville/SC. Which were studied and compared based on the following information: built area, number of floors, number of apartments, number of bedrooms and bathrooms per apartment, construction method and use of outsourced versus labor contracted by the construction company. The water consumption in  $m^3/m^2$  of built area, found in this study, varied between  $0.139m^3/m^2$  and  $0.376m^3/m^2$ .*

**Keywords:** Water Consumption; Construction Site; Water; Sustainability.

## 1. Introdução

Em canteiros de obras é importante assegurar e controlar a execução de todos os serviços conforme as especificações de projeto, planejamento e controle do cronograma de obras (Duarte; Cordeiro, 2000). Almeida e Picchi (2018) afirmam que a construção enxuta e a sustentabilidade são atualmente dois norteadores da Construção Civil. E na prática ambos alicerçam práticas que buscam eliminar problemas frequentes nesse setor, como o alto impacto ambiental, produção de resíduos, poluição do solo, emissão de gases, poluição de recursos hídricos, consumo de energia e água (Almeida; Picchi, 2018). Com relação ao volume de água gasto mensalmente nas obras, nota-se que a quantidade utilizada por cada obra é distinta. Costa Filho, Silva e Brito (2013) afirmam que esse consumo é influenciado por fatores de acordo como as respectivas fases das obras, características estruturais, tipo de vedação e quantidade de serviços terceirizados, sendo concreto *in loco*, teste de impermeabilização e limpeza de fachadas/final de obra as atividades que mais consomem água nas obras (Costa Filho; Silva; Brito, 2013). Um estudo de caso realizado em Maringá/Paraná por Silva e Violin (2013) com análise de três canteiros de obras, obteve um indicador de consumo entre 0,20 e 0,25 m<sup>3</sup> para cada m<sup>2</sup> de área construída. Neste mesmo estudo estimou-se também que a produção de 1 m<sup>3</sup> de concreto usinado gasta em média 211 litros de água. Uma pesquisa realizada em Limeira/São Paulo indica que o consumo de água por área construída é equivalente a 0,29 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> (Zeule; Serra; Teixeira, 2020). Albertini *et al.* (2021), em um estudo realizado em Porto Alegre no Rio Grande do Sul, obtiveram um coeficiente de correlação entre a área construída (m<sup>2</sup>) e o consumo de água (m<sup>3</sup>) de 0,86 ou seja, há uma relação linear positiva. Diante desse contexto, o presente artigo tem como objetivo avaliar o consumo de água em quatro canteiros de obras da cidade de Joinville/SC, com a finalidade de encontrar um indicador do consumo de água (m<sup>3</sup>) por metro quadrado (m<sup>2</sup>) de área construída. As obras selecionadas são edifícios residenciais multifamiliares de caráter vertical e serão identificadas e descritas no decorrer desse artigo, enfatizando quais variantes podem estar atreladas ao indicador de consumo de água dessas obras.

## 2. Procedimentos Metodológicos

Para o estudo de caso, que é o objeto principal dessa pesquisa, foram analisados os dados de consumo de água das obras durante o período de construção. As informações coletadas foram fornecidas pelas construtoras por meio de um questionário a respeito das obras. Após dados coletados, solicitaram-se os dados de consumo de água dessas obras para a Companhia Águas de Joinville (CAJ) com o consentimento das construtoras. Os consumos dos empreendimentos são contabilizados por meio da leitura de medidores instalados nos locais, em metros cúbicos por mês. A amostra (quatro canteiro de obras) do estudo é do tipo não probabilística por conveniência, sendo que os objetos de estudo foram selecionados de acordo com o interesse da pesquisa, apresentando suas particularidades e tendo como objetivo a compreensão do conjunto amostral. Os quatro canteiros de obras selecionados são da cidade de Joinville/SC e as obras já foram finalizadas. Para a seleção dos canteiros de obras, contou-se com a colaboração de três construtoras da cidade para o fornecimento de informações e autorização para o uso neste estudo. Os dados coletados foram: endereço, área construída, número de torres, número de pavimentos, número de apartamentos, número de dormitórios e banheiros por apartamento, método construtivo (se é alvenaria estrutural, concreto armado ou pré moldado), padrão

construtivo (médio baixo ou médio alto padrão) e mão de obra terceirizada *versus* própria, tempo de obra, data de início e término da obra conforme Tabela 1. A fim de se obter o indicador de consumo ( $m^3/m^2$ ) individual de cada uma das quatro obras, somou-se o consumo de água de todos os meses e dividiu-se pela área total construída de cada obra.

Tabela 1: Características das Obras Analisadas.

OBRA	ÁREA CONS-TRUÍDA ( $m^2$ )	Nº TORRES E PVTOS	Nº APTOS	Nº DORM. + SUÍTES	Nº BWC + LAV	MÉTODO CONST.	PADRÃO CONST.	MÃO DE OBRA TERC.	DATA INÍCIO E FIM OBRA	TEMPO OBRA (meses)
1	4.504,17	1 e 15	17	51	68	CA/AC	Médio Alto	sim	Jul-17 Jun-20	36
2	8.747,06	5 e 5	176	352	176	AE	Médio Baixo	parcial	Jun-21 Fev-23	21
3	12.404,04	2 e 9	144	288	144	AE	Médio Baixo	parcial	Jun-20 Fev-22	21
4	3.330,63	1 e 7	17	51	40	CA/AC	Médio Alto	sim	Fev-18 Out-21	45

Nota (legenda): DORM.: Dormitórios / LAV.: Lavabos / CONST,: Construtivo / TERC.: Terceirizada / CA: Concreto Armado / AE: Alvenaria Estrutural / AC: Alvenaria Convencional.

Fonte: As autoras (2023).

A análise estatística foi executada com o *software R* (R Core Team, 2023) para a realização de análises individuais a respeito de cada obra e também para a comparação entre as mesmas. Os dados fornecidos pela CAJ foram carregados no *software R* e transformados em séries temporais para a análise dos padrões: tendência, sazonalidade e correlação. Gráficos do tipo *boxplot* também foram gerados para comparação da mediana do consumo de água dos quatro canteiros de obras. Além da comparação entre os quatro canteiros de obras, também se analisou a semelhança no consumo entre as obras 1 e 4 e as obras 2 e 3 pois apresentavam o mesmo método construtivo e características similares.

### 3. Resultados e Discussões

Os dados de consumo de água da obra 1 estão exibidos na Tabela 2 e podem ser vistos ao longo do tempo na Figura 1. O comportamento da série pode demonstrar tendência e correlação de dados que devem ser verificadas. O pico de consumo entre Nov/19 e Jun/20 está relacionado aos serviços finais do canteiro de obras da obra 1. Neste intervalo de tempo houve também o início da Pandemia COVID-19 em Joinville e paralização das atividades por um curto tempo no mês de Mar/20 o que pode explicar a baixa de consumo no mês de Abril/20. Já o consumo de Jun/20 está relacionado a atividades de finalização da obra, por isso é o maior pico identificado nesta obra. Na Figura 2 é possível verificar que os dados se comportam aleatoriamente ao longo do tempo e os gráficos das funções de autocorrelação e autocorrelação parcial mostram que a série é estacionária e não apresenta sazonalidade. O histograma do consumo de água que identifica a distribuição dos dados apresenta forma assimétrica, indicando que há meses com maior volume de água consumida.

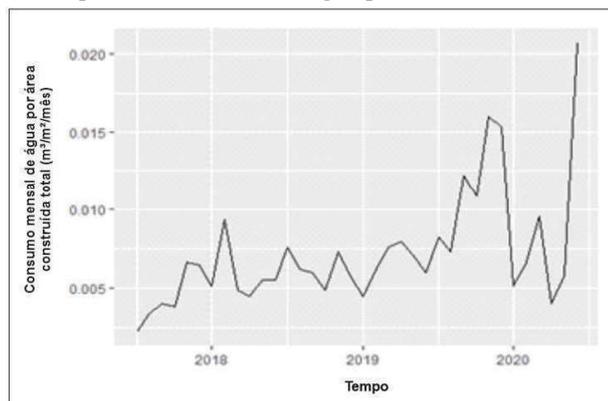
Tabela 2: Consumo de Água ( $m^3$ ) mensal durante a execução da Obra 1.

Jul/17	Ago/17	Set/17	Out/17	Nov/17	Dez/17	Jan/18	Fev/18	Mar/18
10	15	18	17	30	29	23	42	22
Abril/18	Mai/18	Jun/18	Jul/18	Ago/18	Set/18	Out/18	Nov/18	Dez/18
20	25	25	34	28	27	22	33	26

Jan/19	Fev/19	Mar/19	Abril/19	Mai/19	Jun/19	Jul/19	Ago/19	Set/19
20	28	34	36	32	27	37	33	55
Out/19	Nov/19	Dez/19	Jan/20	Fev/20	Mar/20	Abril/20	Mai/20	Jun/20
49	72	69	23	30	43	18	26	93

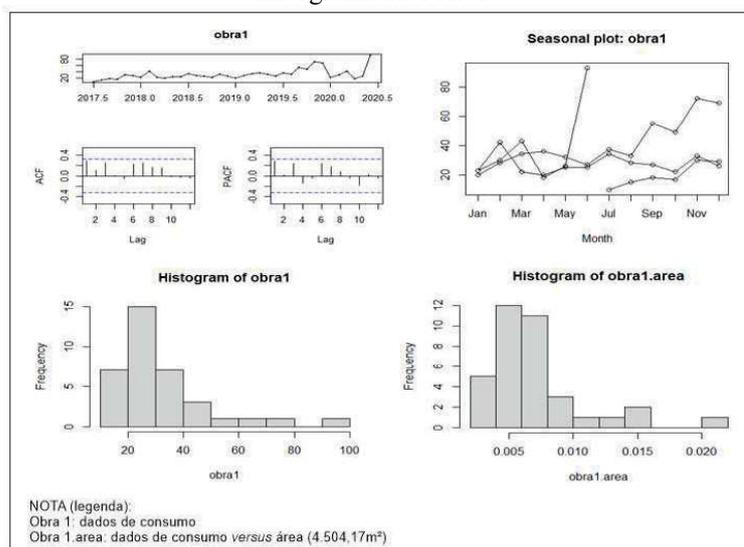
Fonte: Companhia Águas de Joinville (2023).

Figura 1: Série temporal de consumo de água por área construída total da Obra 1.



Fonte: As autoras (2023).

Figura 2: Gráficos das funções autocorrelação (ACF) e autocorrelação parcial (PACF), sazonalidade e histograma da Obra 1.



Fonte: As autoras (2023).

Os dados de consumo de água da obra 2 estão exibidos na Tabela 3 e podem ser visualizados ao longo do tempo na Figura 3. Verifica-se que o comportamento da série também pode mostrar tendência. O maior pico de consumo identificado durante a fase de construção da obra 2 acontece a partir de Nov/22 até Feb/23, que está diretamente relacionado aos serviços de finalização de obras. Ao analisar a série temporal da obra 2, por meio da Figura 4 os gráficos

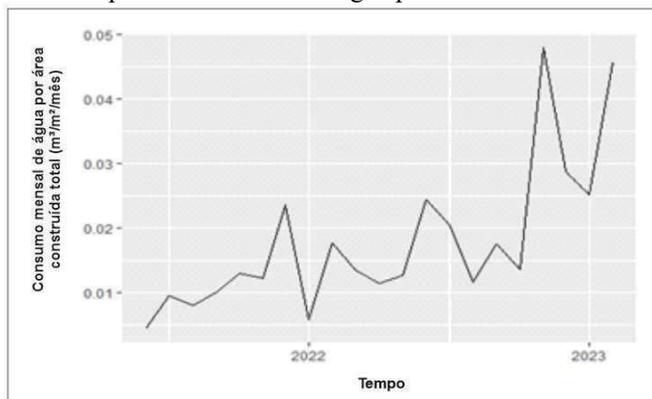
das funções de autocorrelação e autocorrelação parcial mostram que a série é estacionária e não apresenta sazonalidade, pois os dados se comportam aleatoriamente ao longo do tempo, mostrando que outros fatores podem ter influência nestes dados. O histograma do consumo de água conforme a série temporal da obra 2 identifica que há meses com maior consumo de água.

Tabela 3: Consumo de Água (m<sup>3</sup>) mensal durante a execução da Obra 2.

Jun/21	Jul/21	Ago/21	Set/21	Out/21	Nov/21	Dez/21
38	83	69	87	144	106	206
Jan/22	Fev/22	Mar/22	Abril/22	Mai/22	Jun/22	Jul/22
51	154	118	100	110	213	179
Ago/22	Set/22	Out/22	Nov/22	Dez/22	Jan/23	Fev/23
101	153	119	420	252	220	399

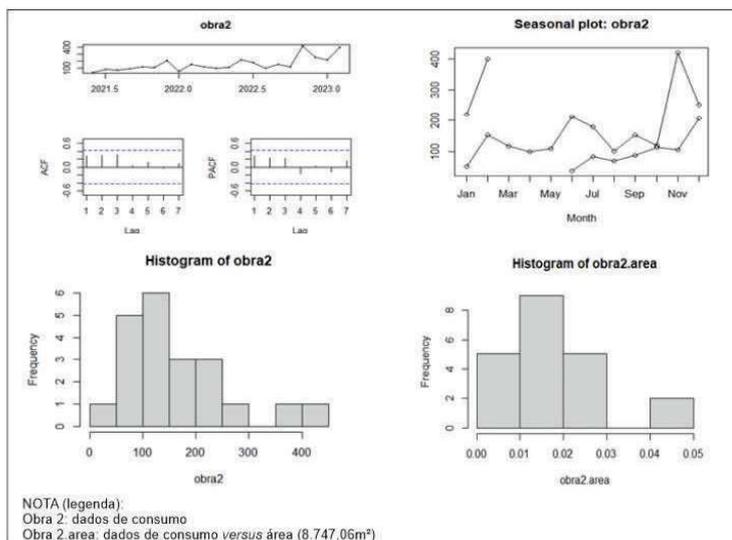
Fonte: Companhia Águas de Joinville (2023).

Figura 3: Série temporal de consumo de água por área construída total da Obra 2.



Fonte: As autoras (2023).

Figura 4: Gráficos das funções autocorrelação (ACF) e autocorrelação parcial (PACF), sazonalidade e histograma da Obra 2.



Fonte: As autoras (2023).

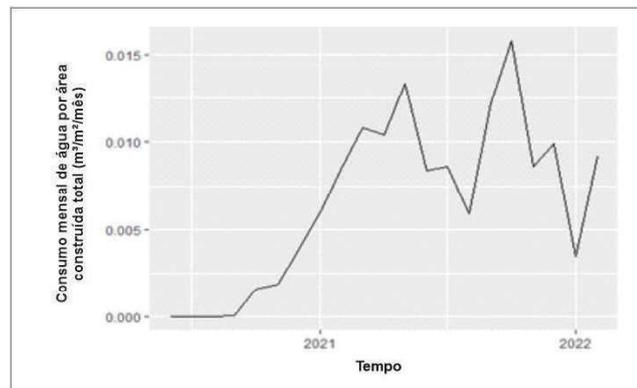
Fonte: As autoras (2023). Os dados de consumo de água da obra 3 estão exibidos na Tabela 4 e podem ser visualizados ao longo do tempo na Figura 5. Nesta obra, também podem-se verificar altos e baixos em todo o período analisado. O comportamento da série também pode demonstrar tendência e correlação assim como nas obras 1 e 2. O maior pico de consumo identificado durante a fase de construção dessa obra aconteceu em Out/21 que também deve estar relacionado aos serviços de finalização de obra. A Figura 6 indica, por meio dos gráficos das funções de autocorrelação e autocorrelação parcial, que a série é não estacionária. O histograma do consumo de água da série temporal da obra 3 também indica que há dias com maior consumo de água, mas nesse caso em específico o consumo parece passar por ciclos com maior e menor demanda.

Tabela 4: Consumo de Água (m<sup>3</sup>) mensal durante a execução da Obra 3.

Jun/20	Jul/20	Ago/20	Set/20	Out/20	Nov/20	Dez/20
0	0	0	1	20	23	47
Jan/21	Fev/21	Mar/21	Abril/21	Mai/21	Jun/21	Jul/21
74	105	134	129	166	104	107
Ago/21	Set/21	Out/21	Nov/21	Dez/21	Jan/22	Fev/22
73	152	196	107	123	43	144

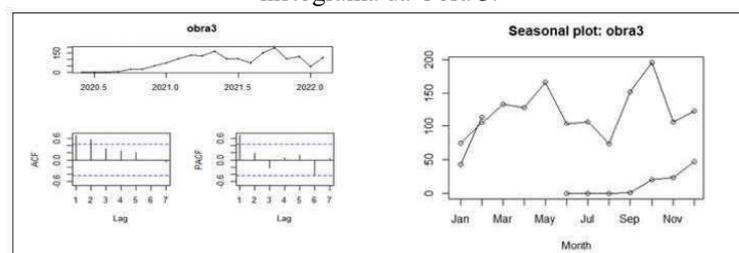
Fonte: Companhia Águas de Joinville (2023).

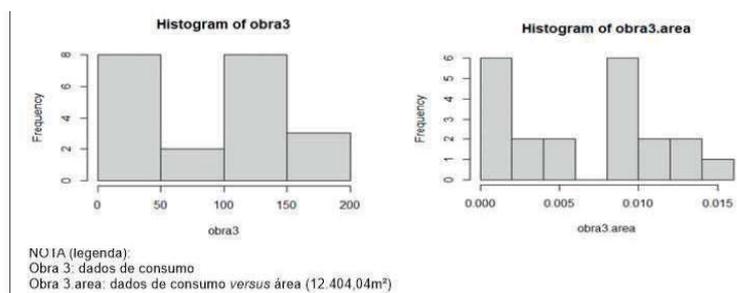
Figura 5: Série temporal de consumo de água por área construída total da Obra 3.



Fonte: As autoras (2023).

Figura 6: Gráficos das funções autocorrelação (ACF) e autocorrelação parcial (PACF), sazonalidade e histograma da Obra 3.





Fonte: As autoras (2023).

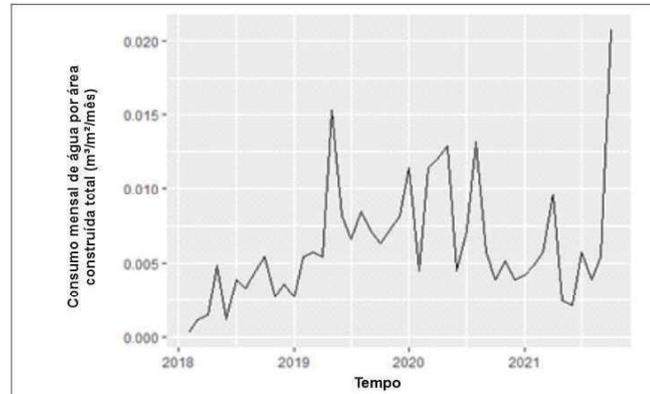
Os dados de consumo de água da obra 4 estão exibidos na Tabela 5 e podem ser visualizados ao longo do tempo na Figura 7 e, assim como nas obras 1, 2 e 3 podem-se verificar altos e baixos em todo o período analisado e o comportamento da série pode demonstrar tendência e correlação. O maior pico de consumo identificado durante a fase de construção aconteceu em Out/21, que foi o último mês de obras. Os testes de impermeabilização aconteceram entre os meses de Mar/20 a Maio/20 por isso há um indicador de maior consumo nesses meses. No mês de Ago/20 houve um vazamento por cerca de 48 horas por isso o consumo nesse mês também aumentou. Na Figura 8, assim como as obras 1 e 2 os gráficos das funções de autocorrelação e autocorrelação parcial mostram que a série é estacionária e não apresenta sazonalidade. O histograma do consumo de água indica que existem meses com maior volume de água consumido. A obra 4 se diferencia das demais obras porque teve um tempo consideravelmente maior de obra, pois tratava-se de uma construtora familiar que contava com uma média de 10 funcionários por dia no canteiro de obras. Diferente das obras 2 e 3 por exemplo, que embora possuam maior área construída, foram executadas em um período de tempo consideravelmente menor. Já a obra 1 teve um período menor de duração se comparada com a obra 4, o que pode ser explicado pela quantidade de colaboradores no canteiro de obras, que superou a quantidade da obra 4 em questão.

Tabela 5: Consumo de Água (m<sup>3</sup>) mensal durante a execução da Obra 4.

Fev/18	Mar/18	Abril/18	Mai/18	Jun/18	Jul/18	Ago/18	Set/18	Out/18
1	4	5	16	4	13	11	15	18
Nov/18	Dez/18	Jan/19	Fev/19	Mar/19	Abril/19	Mai/19	Jun/19	Jul/19
9	12	9	18	19	18	51	27	22
Ago/19	Set/19	Out/19	Nov/19	Dez/19	Jan/20	Fev/20	Mar/20	Abril/20
28	24	21	24	27	38	15	38	40
Mai/20	Jun/20	Jul/20	Ago/20	Set/20	Out/20	Nov/20	Dez/20	Jan/21
43	15	24	44	19	13	17	13	14
Fev/21	Mar/21	Abril/21	Mai/21	Jun/21	Jul/21	Ago/21	Set/21	Out/21
16	19	32	8	7	19	13	18	69

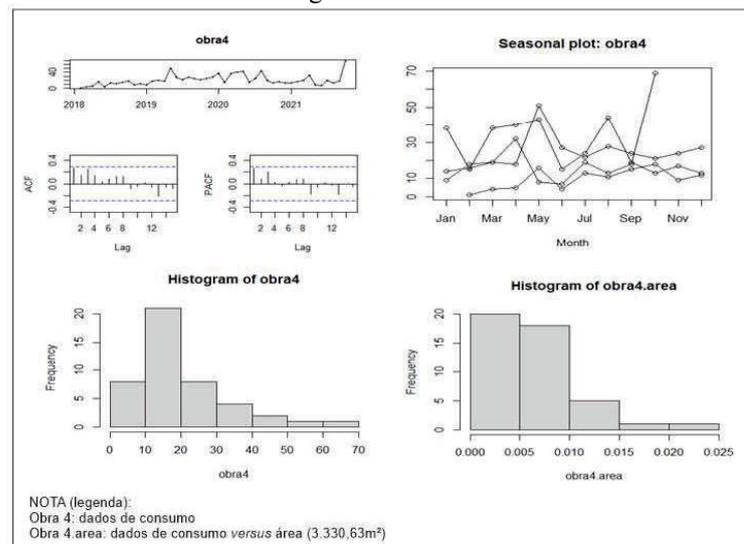
Fonte: Companhia Águas de Joinville (2023).

figura 7: Série temporal de consumo de água por área construída total da Obra 4.



Fonte: As autoras (2023).

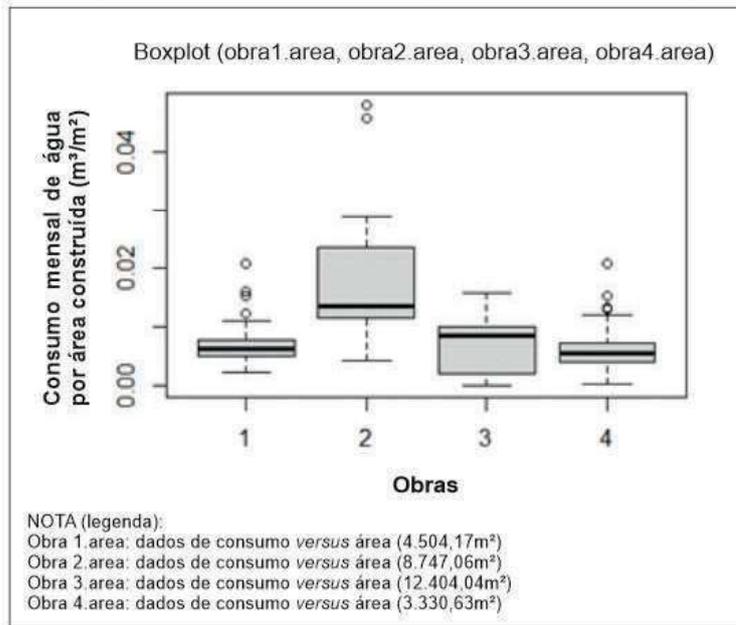
Figura 8: Gráficos das funções autocorrelação (ACF) e autocorrelação parcial (PACF), sazonalidade e histograma da Obra 4.



Fonte: As autoras (2023).

A Figura 9 compara graficamente as quatro obras em questão, por meio de gráficos *boxplot*, o que evidencia maior semelhança entre as medidas de consumo de água das obras 1 e 4, pois as medianas indicam valores aproximados. As medianas das obras 2 e 3 se distanciam quando se analisam os dados de consumo por área construída. As informações são apresentadas também na Tabela 6, que traz os dados individuais de cada obra com os indicadores de consumo de água em  $m^3$  por  $m^2$  de área construída. A obra 1 apresenta consumo de  $0,260 m^3/m^2$ , que se aproxima do consumo da obra 4, que é de  $0,279 m^3/m^2$ , enquanto a obra 2 apresenta o maior consumo por área identificado neste estudo ( $0,376 m^3/m^2$ ) e a obra 3 apresenta o menor consumo dentre os canteiros de obra avaliados ( $0,139 m^3/m^2$ ).

Figura 9: Comparativo de dados de consumo por área construída das quatro obras.



Fonte: As autoras (2023)

Tabela 6: Indicador de Consumo de Água das quatro obras (m³/m²).

OBRA	TEMPO DE OBRA (meses)	ÁREA CONSTRUÍDA (m²)	CONSUMO TOTAL DE ÁGUA DURANTE A CONSTRUÇÃO (m³)	MÉDIA CONSUMO DE ÁGUA MENSAL DE OBRA (m³) <sup>a</sup>	CONSUMO TOTAL DE ÁGUA (m³/m²)
1	36	4.504,17	1.171	32,528 (16,9)	0,260
2	21	8.747,06	3.292	156,76 (102)	0,376
3	21	12.404,04	1.718	81,809 (59,9)	0,139
4	45	3.330,63	930	20,667 (13,5)	0,279

<sup>a</sup> O valor entre parênteses corresponde ao desvio padrão.

Fonte: As autoras (2023).

O consumo de água em canteiros de obras pode sofrer alteração de acordo com cada obra, em virtude das diversas técnicas construtivas existentes e diferentes níveis de habilidades dos trabalhadores no setor da construção civil, por isso a quantidade de água utilizada muitas vezes não é aferida (Garg *et al.*, 2023). Outros estudos brasileiros abordam indicadores de 0,83 m³/m² no estado de Pernambuco (Santos; Silva; Cerqueira, 2015) e 0,68 m³/m² no estado de São Paulo (Passarello, 2008). Pesquisas no exterior trazem dados de consumo de água direto e indireto, dessa forma na Austrália encontrou-se o indicador de consumo de água incorporada de 20,1m³/m² (McCormack *et al.*, 2007) enquanto um estudo realizado no Teerã (Irã) indica o consumo de água virtual de 20,8m³/m² (Heravi; Abdolvand, 2019). Os indicadores mencionados nas pesquisas do exterior não devem ser comparados com as pesquisas nacionais em vista que, as pesquisas brasileiras não consideram o consumo indireto gasto nas fases de produção dos materiais (água virtual) e nem o consumo de água incorporada que é a soma do consumo de água direto e indireto. Logo, os estudos brasileiros se referem somente ao consumo

de água direto, ou seja, a água consumida em todo o processo que envolve as atividades realizadas no canteiro de obras.

#### 4. Considerações Finais

Os resultados de consumo de água de  $0,260 \text{ m}^3/\text{m}^2$  e  $0,279 \text{ m}^3/\text{m}^2$  das obras 1 e 4 obtidos por meio desse estudo de caso múltiplo realizado na cidade de Joinville/SC, indicam que esses dados se assemelham com os indicadores encontrados na literatura. O resultado de consumo de água de  $0,376 \text{ m}^3/\text{m}^2$  da obra 2 ficou um pouco acima dos demais indicadores encontrados, indicando que há maior consumo de água por área, o que pode estar atrelado a particularidades da obra, como o número de torres. O indicador de consumo de água de  $0,139 \text{ m}^3/\text{m}^2$  da obra 3 foi o menor dentre os encontrados nesse estudo, o que pode ser explicado por outros fatores que devem ser aprofundados em estudo futuro. Por meio deste estudo de caso pretende-se possibilitar a comparação do consumo de água em canteiros de obra da cidade de Joinville/SC com estudos semelhantes da literatura, contribuindo para a promoção da sustentabilidade no uso da água e melhoria de desempenho nos processos construtivos. Na continuidade desta pesquisa, recomenda-se investigar as etapas das obras ao longo do período. Fatores como questões climáticas, consumo direto e indireto da água e técnicas construtivas não foram aprofundados, o que é uma limitação desta pesquisa, denotando uma oportunidade para futuros estudos.

#### Referências

ALBERTINI, Felipe; GOMES, Luciana Paulo; GRANDONA, Atilio Efrain Bica; CAETANO, Marcelo Oliveira. **Assessment of environmental performance in building construction sites: Data envelopment analysis and Tobit model approach.** Journal of Building Engineering. Volume 44. 2021. DOI: 10.1016/j.jobe.2021.102994.

ALMEIDA, Eduardo Lavocat Galvão de; PICCHI, Flávio Augusto. **Relação entre construção enxuta e sustentabilidade.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 91-109, jan./mar. 2018.

DUARTE, Francisco José de Castro Moura; CORDEIRO, Cláudia Vieira Crestiato. **A etapa de Execução da Obra: Um Momento de Decisões.** Revista Produção, N° Especial, p. 5-17. ABEPRO, Rio de Janeiro, 2000.

FILHO, Edson Costa; SILVA, Simone Rosa da; BRITO, Issara G. G. **Consumo de Água em Canteiros de Obras da Região Metropolitana do Recife.** Encontro Latino Americano de Edificações e Comunidades Sustentáveis. Curitiba, PR. 2013.

GARG, Rajeev; KUMAR, Akhilesh; PANKAJ; KAMAL, Mohammad Arif. **Determining Water Footprint of Buildings During Construction Phase: An Activity-based Approach.** Civil Engineering and Architecture. Volume 11. 2023. DOI: 10.13189/cea.2023.110218.



HERAVI, Gholamreza; ABDOLVAND, Mohammad Mehdi. **Assessment of water consumption during production of material and construction phases of residential building projects.** Sustainable Cities and Society. 2019.

MCCORMACK, Michael; TRELOAR, Graham J.; PALMOWKI, Laurence; CRAWFORD, Robert. **Modelling direct and indirect water requirements of construction.** Building Research & Information. -v. 35, n.2, p.156-162- 2007.

PASSARELO, Regiane Grigoli. **Estudo exploratório quanto ao consumo de água na produção de obras de edifícios: avaliação e fatores influenciadores.** Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Programa de Educação Continuada em Engenharia. São Paulo, SP, 2008.

R CORE TEAM (2023). **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

SANTOS, Camilla Pires dos; SILVA, Simone Rosa da; CERQUEIRA, Cezar Augusto. **Water Consumption in Construction Sites in the City of Recife/PE.** - v.20, n.7 - Electronic Journal of Government and Economics (EJGE). 2015.

SILVA, Paula Heloisa da; CRIPPA, Julianna; SCHEER, Sergio. **BIM 4D no planejamento de obras: detalhamento, benefícios e dificuldades.** PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v. 10, p. e019010, fev. 2019. ISSN 1980-6809.

SILVA, Robson Rodrigo da; VIOLIN, Ronan Yuzo Takeda. **Gestão da Água em Canteiro de Obras de Construção Civil.** VIII EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar. Maringá, PR: Editora CESUMAR, 2013.

ZEULE, Ludimilla de Oliveira; SERRA, Sheyla Mara Baptista; TEIXEIRA, José Manuel Cardoso. **Best practices for the rational use of water in construction sites in Brazil.** Environmental Quality Management, [S.L.], v. 29, n. 4, p. 73-85, jun. 2020. Wiley. DOI: <https://doi.org/10.1002/tqem.21693>.