

Investigação de fatores relacionados ao consumo de água no ambiente construído

Eduarda Kiatkowski, Beatriz Falcao Tzelikis, Andreza Kalbusch e Elisa Henning

INTRODUÇÃO

Diversos fatores, para além das condições climáticas, influenciam o consumo de água no ambiente construído. Vários estudos sugerem que fatores socioeconômicos, mudanças políticas, crises sanitárias e ajustes nos sistemas de medição podem influenciar os padrões de consumo de água e energia, especialmente em habitações de interesse social. A individualização da medição tem sido relacionada à redução do consumo, ao favorecer maior conscientização dos usuários (Sborz *et al.*, 2024).

Neste trabalho, investigam-se os fatores relacionados ao consumo de água em dois condomínios de habitação de interesse social, com foco na análise do consumo de água e energia antes e depois de duas intervenções ocorridas em um Condomínio (A): a individualização do sistema de medição de consumo de água e a desativação do sistema solar de aquecimento de água (SAS). Um segundo condomínio (B), que não passou por tais alterações, foi utilizado como grupo controle, permitindo a aplicação da metodologia *Difference-in-difference* (DiD) para isolar os efeitos das intervenções.

O estudo busca avaliar como essas intervenções impactam o consumo de água e energia, comparando o comportamento dos usuários nos dois condomínios. Essa abordagem permite compreender de forma mais precisa os efeitos da individualização da medição e da desativação do sistema solar sobre o uso eficiente dos recursos, contribuindo para a discussão sobre gestão tecnológica em habitações de interesse social.

DESENVOLVIMENTO

Este estudo adotou uma abordagem quantitativa para avaliar o impacto das intervenções tecnológicas no consumo de água e energia em dois condomínios de habitação de interesse social, comparando os padrões de consumo antes e depois da individualização da medição do consumo de água e desativação do sistema solar de aquecimento.

Inicialmente foi realizada a limpeza das séries temporais de consumo de água e energia elétrica, com o objetivo de remover valores atípicos (*outliers*) que pudessem distorcer os resultados. Para isso, utilizou-se a função *tsclean*, disponível no pacote *forecast* (Hyndman, 2025) do software R (R Core Team, 2025). O desenvolvimento e a execução do código foram realizados no Rstudio, uma interface integrada que facilita a programação em R.

Para avaliar o impacto da mudança no sistema de medição de consumo de água e energia elétrica, foi aplicado o método *Difference-in-Difference* (DiD). O DiD é uma técnica utilizada para estimar efeitos causais a partir de dados observacionais, comparando a variação média no resultado (neste caso, o consumo) antes e depois de uma intervenção em um grupo de tratamento com a variação no mesmo período em um grupo de controle (Fredriksson; Oliveira, 2019). Estudos recentes demonstram que essa abordagem é eficaz para avaliar intervenções em ambientes urbanos quando há um grupo de controle adequado (Roth *et al.*, 2023; Wang; Hamad; White, 2024), possibilitando identificar mudanças significativas no comportamento dos usuários decorrentes da intervenção.

RESULTADOS

Após a intervenção, ambos os condomínios apresentaram aumento no consumo de energia elétrica (Figura 1a), mas o crescimento foi mais moderado no Condomínio A (de 182,44 para

188,54 kWh/apartamento/mês) em comparação ao Condomínio B (de 171,54 para 184,29 kWh/apartamento/mês). Quanto ao consumo de água (Figura 1b), o Condomínio A reduziu significativamente o consumo (de 15,11 para 11,80 m³/apartamento/mês), enquanto o Condomínio B apresentou leve aumento (de 11,85 para 12,32 m³/apartamento/mês), evidenciando o efeito positivo da individualização da medição sobre o uso eficiente dos recursos.

Esse resultado sugere que a mudança no sistema de medição contribuiu para um controle mais eficiente do consumo no Condomínio A. Neste condomínio, foram implementadas duas intervenções principais: a individualização do consumo de água e a desativação do SAS, que fornecia água aquecida para os chuveiros. A individualização da medição resultou na esperada redução do consumo de água. Já a desativação do SAS poderia ter levado a um aumento maior no consumo de energia, mas isso não se confirmou, indicando que a individualização pode ter incentivado hábitos mais conscientes de uso.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente relatório teve como objetivo principal analisar os fatores que influenciam o consumo de água e energia elétrica em dois condomínios de habitação de interesse social, com foco na avaliação dos efeitos da individualização da medição do consumo de água, e remoção do SAS ocorrida no Condomínio A. De maneira geral, os resultados apontam que as intervenções realizadas no Condomínio A produziram efeitos distintos sobre os consumos analisados. Enquanto o consumo de energia elétrica apresentou aumento mais moderado em comparação ao Condomínio B, o consumo de água registrou uma redução expressiva, evidenciando que a individualização da medição contribuiu para o uso mais eficiente dos recursos.

Dessa forma, conclui-se que a individualização dos sistemas de medição de água tem potencial para influenciar positivamente o comportamento de consumo em empreendimentos habitacionais. Os resultados obtidos reforçam a importância de políticas públicas voltadas à eficiência no uso de recursos naturais, especialmente em contextos de habitação social, em que as ações podem gerar benefícios significativos tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico.

Palavras-chave: Difference-in-Difference; Habitação de interesse social; Consumo de água.

ILUSTRAÇÕES

Figura 1a)

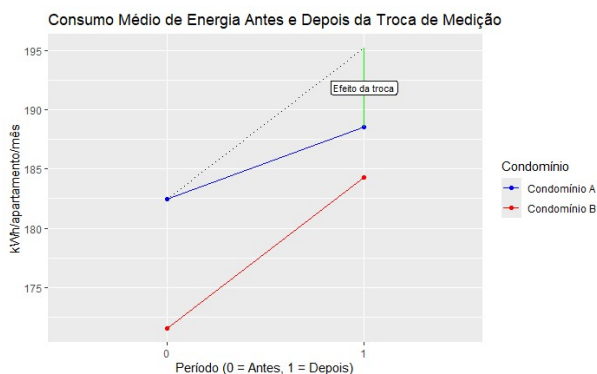
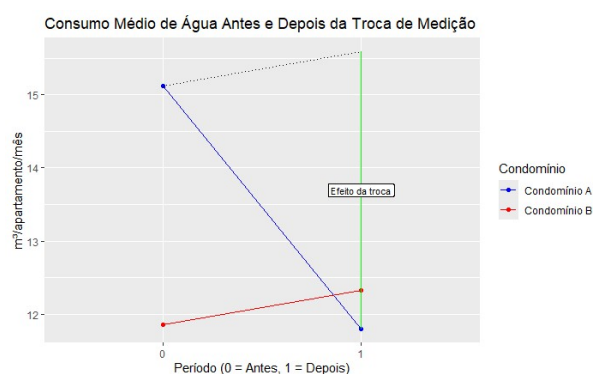


Figura 1b)



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SBORZ, Julia et al. Individualized metering and the influence of other endogenous and exogenous factors on water consumption in social housing. **AQUA – Water Infrastructure, Ecosystems and Society**, [S. l.], 2024. DOI: 10.2166/aqua.2024.086. Disponível em: https://iwaponline.com/aqua/article/doi/10.2166/aqua.2024.086/106212/Individualized-metering-and-the-influence-of-other?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 9 set. 2025.

HYNDMAN, R. J. **forecast**: Forecasting Functions for Time Series and Linear Models. R package version 8.24.0, 2025. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/forecast/forecast.pdf>. Acesso em: 9 set. 2025.

ROTH, Jonathan et al. What's trending in difference-in-differences? A synthesis of the recent econometrics literature. **Journal of Econometrics**, [S. l.], v. 235, p. 2218–2244, 2023. DOI: 10.1016/j.jeconom.2023.03.008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2023.03.008>. Acesso em: 9 set. 2025.

WANG, G. et al. Advances in Difference-in-differences Methods for Policy Evaluation Research. **Epidemiology**, [S. l.], v. 35, n. 5, p. 628-637, 2024. DOI: 10.1097/EDE.0000000000001755.

POSIT. **RStudio**: Integrated Development for R. 2025. Disponível em: <https://posit.co/products/open-source/rstudio/>. Acesso em: 9 set. 2025.

R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, 2025. Disponível em: <https://www.r-project.org>. Acesso em: 9 set. 2025.

DADOS CADASTRAIS

BOLSISTA: Eduarda Kiatkowski

MODALIDADE DE BOLSA: Pesquisa

VIGÊNCIA: 09/2024 a 09/2025 – Total: 12 meses

ORIENTADOR(A): Andreza Kalbusch

CENTRO DE ENSINO: UDESC

DEPARTAMENTO: Departamento de Engenharia Civil

ÁREAS DE CONHECIMENTO: Engenharias / Engenharia Civil

TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA: Investigação de fatores relacionados ao consumo de água no ambiente construído.

Nº PROTOCOLO DO PROJETO DE PESQUISA: NPP3188-2017