

BUSCA DE NOVOS MODELOS PARA O CÁLCULO DO CONSUMO DE ÁGUA E CONTRIBUIÇÃO DE ESGOTO EM UNIDADES DE ENSINO - BASE: FACULDADES DA UNICAMP

Palavras-Chave: ESCASSEZ HÍDRICA; ESGOTO; CONSUMO DE ÁGUA

Autores:

LUCAS WILLIAM DE ASSIS MORAIS, FECFAU – UNICAMP

Prof. Dr. ADRIANO LUIZ TONETTI (orientador), FECFAU - UNICAMP

INTRODUÇÃO:

A escassez de recursos naturais se tornou um grande obstáculo na busca pelo desenvolvimento sustentável das sociedades sendo assim necessário um uso planejado para o mínimo desperdício desses bens. Em tal cenário, o Brasil se destaca negativamente por possuir aproximadamente 12% de toda água doce disponível no planeta (ANA, 2023) e ainda assim sofrer com crises hídricas devido, principalmente, a má gestão deste recurso. A partir da década de 1990 foram desenvolvidas políticas e tecnologias voltadas à redução do consumo e ao uso racional da água como a Lei nº 9.433/1997 e aparelhos hidrossanitários mais eficientes. Com essas mudanças e o desenvolvimento das cidades ao longo dos anos ocorreram alterações significativas no consumo de água e geração de esgoto pela população brasileira (Figura 1). No entanto, muitos dos métodos de dimensionamento utilizados no cálculo das

Consumo (L/hab.dia) no Brasil

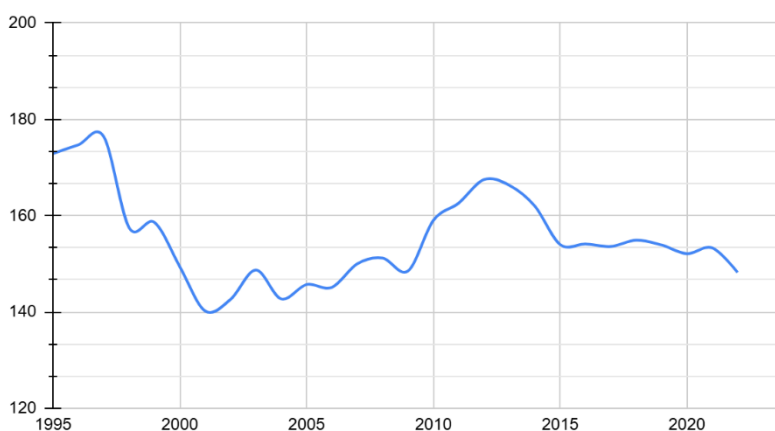


Figura 1: Consumo de água no Brasil ao longo dos anos

Fonte: elaboração própria com dados do SINISA (2024).

infraestruturas de água e esgoto consideram estudos consolidados entre os anos 1970 e 2000 (Tsutiya, 2006). Neste ponto, deve-se prever uma possível interferência nas estimativas de consumo que consideram estes estudos, uma vez que houve grandes mudanças no fim do século XX, como o amplo uso de torneiras com arejadores e a substituição das válvulas de descarga embutidas pela caixa acoplada com descarga, tecnologias adotadas principalmente por edifícios comerciais e institucionais, reduzindo significativamente o consumo de água e geração de esgoto nesses locais. Considerando essas informações, o presente trabalho tem como objetivo avaliar as metodologias utilizadas na previsão de consumo de água por meio de um estudo que utiliza como base o sistema de micromedicação hidráulica dos edifícios das faculdades da Unicamp e posteriormente propor novos modelos de previsão de consumo e geração de esgoto considerando as variáveis de maior influência no ambiente universitário.

METODOLOGIA:

O local selecionado para o estudo foi o campus da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), localizado no distrito de Barão Geraldo em Campinas, São Paulo. Dentro do campus foram escolhidas, como objeto de estudo, 11 faculdades (Figura 02) das quais foram visitadas em prédios específicos para coleta de dados sobre o número de aparelhos hidrossanitários.

Sigla	Faculdade	Prédios Visitados
FECFAU	Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo	Salas de Aula e Administração
FE	Faculdade de Educação	Prédio principal, Biblioteca e Anexo I
FEA	Faculdade de Engenharia de Alimentos	Administração, CA, Sanitários, Padaria, GEPEA, Da antiga, Salas de aula, FEA/FEM
FEAGRI	Faculdade de Engenharia Agrícola	Anexo III
FEM	Faculdade de Engenharia Mecânica	Blocos B, C, D, E, F, G, H, I, J e K
FEEC	Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação	Blocos A, B, C e E
FEQ	Faculdade de Engenharia Química	
FCF	Faculdade de Ciências Farmacêuticas	Engenharia Básica e Setores 1 ao 6
FCM	Faculdade de Ciências Médicas	FCM 6 e FCM 1
FEF	Faculdade de Educação Física	
FENF	Faculdade de Enfermagem	Prédio Principal

Tabela 1: Faculdades da Unicamp

Fonte: elaboração própria

A partir de dados fornecidos pela Divisão de Água e Energia (DAE) (<https://prefeitura.unicamp.br/areas/divisao-de-agua-e-energia/>) da Prefeitura Universitária obteve-se as informações necessárias sobre o consumo de água mensal nos prédios estudados, os dados sobre o uso e a área de ambientes internos nos prédios estudados foram obtidos por meio do mapeamento feito pela Coordenadoria de Geoprocessamento disponibilizado no atlas da Unicamp (<https://unicamp-arcgis.maps.arcgis.com/apps/dashboards/9f8b69475d004e838ac0794f15384b8a>). Obteve-se ainda a partir da página da Diretoria Geral dos Recursos Humanos da Unicamp (<https://www.siarh.unicamp.br/indicadores/Index.jsf>) informações referentes aos usuários (funcionários, docentes e discentes) e seu período de permanência na faculdade. Com os dados armazenados identificou-se pontos com medidas inconsistentes de consumo (outliers) através do método estatístico do desvio padrão, em que dados de consumo que se encontravam a uma distância acima de duas vezes o desvio padrão da média foram descartados. Posteriormente foram enviados e-mails para os responsáveis técnicos pelo mapeamento dos prédios estudados em cada faculdade com o objetivo de identificar o uso de máquinas não convencionais e caracterizar o consumo de água no local durante o período analisado.

A determinação do consumo teórico de água nas edificações foi realizada a partir de metodologias estudadas (Tabela 2) e selecionadas que possuíam formulas com variáveis passíveis de serem obtidas ou adaptadas para uso nas unidades de ensino analisadas e posteriormente comparados os resultados obtidos com a situação real de consumo. Em meio as metodologias selecionadas, a de Berenhauser e Pulici (1983) e a da NTS0181 (2003) foram utilizadas apenas nos locais visitados em que foi possível obter informações do número de bacias sanitárias e vagas de estacionamento. O método da

NTS0181 foi adaptado de modo que excluiu-se a variável “área de jardim” uma vez que além de ser uma variável da qual não havia informações, na universidade as áreas de jardim externas e próximas às ruas são irrigadas por caminhões pipas. As formulações de Almeida, Alissandra Pessoa et al. (2021) e Montgomery e Runger (2014) foram descartadas da análise devido a dificuldade de obtenção de parâmetros como a frequência de uso dos equipamentos, fatores de correção e coeficientes ponderadores.

Metodologia	Equação
NBR 7229 (1982) / Dacach (1979) / NBR 17076 (2024)	$C = 50 \times NA \text{ (L/dia)}$
Berenhauser e Pulici (1983)	$C = 0,03x(AC) + 0,7x(NF) + 0,8x(NBS + 50 \text{ (m}^3/\text{mês)})$
Von Sperling (1996) / George Tchobanoglous	$C = 20 \times NA \text{ (L/dia)}$
NTS 0181 (2003)	$C = 34,7 + 0,168 \times (AJ) + 0,724 \times (VE) + 0,0246 \times (NA) + 2,06 \times (NBS) + 0,368 \times (NF) \text{ (m}^3/\text{mês)}$
Montgomery e Runger (2014)	$C = B0 + B1 \times X1 + B2 \times X2 + \dots + Bn \times Xn + e \text{ (m}^3/\text{mês)}$
Almeida, Alissandra Pessoa et al. (2021)	$TCE = CED \times NE \times f \times Ftr \text{ (L/dia)}$

Tabela 2: Equações Estudadas

Fonte: elaboração própria

As variáveis utilizadas na estimativa de consumo são representadas por: C (Consumo), AC (Área construída), NF (Número de funcionários), NBS (Número de bacias sanitárias), AJ (Área de jardim), VE (Vagas de estacionamento) e NA (Número de alunos). Outros parâmetros importantes incluem o TCE (Consumo por Elemento), o CED (Consumo por Descarga), o NE (Número de Equipamentos), a frequência de uso (f) e o fator de correção (Ftr). Além disso, são consideradas as variáveis de influência (Xi), o intercepto B0 (consumo mínimo), os coeficientes ponderadores (Bi) e o erro estatístico (e), que juntos compõem o modelo de estimativa de consumo.

Após a coleta dos dados de consumo e cálculo das demandas pelas metodologias estudadas (Tabela 2) foi realizada a comparação entre o consumo real e teórico, possibilitando assim uma análise prática da precisão das equações utilizadas.

A partir das informações coletadas e tratadas, possibilitou-se realizar a análise de influência das variáveis de maior interesse por meio de gráficos no excel e posteriormente estimar qualitativamente quais seriam as melhores variáveis para considerar no desenvolvimento de novas equações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Durante a análise das informações de consumo e visitas em campo, duas das onze unidades de ensino (FEQ e FEF) ficaram atrasadas no estudo devido a complicações na coleta e análise de dados. Os dados de consumo dos principais prédios de interesse (administrativo e salas de aula) da Faculdade de Educação Física possuem uma variação de mais de cem por cento em 7 dos 12 meses de 2024 com relação ao ano de 2023, esse fato pode estar relacionado às reformas realizadas na faculdade no período e o uso da água no abastecimento de piscinas caracterizando assim um consumo que diverge do típico em prédios institucionais comuns. Em relação a Faculdade de Engenharia Química, a

unificação do sistema de medição da maioria dos prédios em apenas um dos hidrômetros dificultou a realização da visita nos locais, visto que alguns desses prédios não se encontravam abertos ao público.

Comparação Teórico x Real

A comparação entre os dados reais de consumo de água nas faculdades da Unicamp e os valores estimados pelas equações tradicionais revelou que os métodos que consideram estudos mais antigos e poucas variáveis, como o caso da NBR 17076 (2024), superestimam significativamente o consumo. Em alguns casos como o da FECFAU a previsão foi até 1400% maior que o consumo médio de 20 meses seguidos de medições e 850% acima do pico real de demanda no mesmo período, enquanto que equações mais recentes e que consideram mais variáveis como o da NTS 0181 (2003) e a de Berenhauser e Pulici (1983) obtiveram melhores resultados. Para a FECFAU, a estimativa feita pela metodologia da NTS 081 resultou em uma previsão de consumo 57% acima do pico demandado, enquanto que para a equação de Berenhauser e Pulici a estimativa ficou em torno de 121% acima do mesmo. Em alguns casos, como para a FENF e a FE, o consumo estimado pela NTS 0181 pela equação de Berenhauser ficou abaixo do consumo máximo real, porém ainda acima da média, o que pode estar associado ao fato de existirem equipamentos que consomem volumes consideráveis de água nesses prédios.

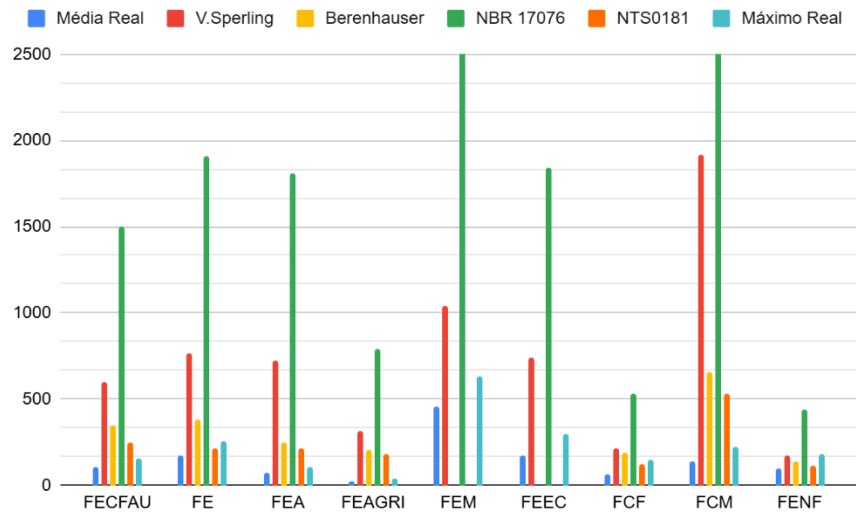


Figura 3: Comparação de Previsão de Consumo e Consumo Real - Áreas Visitadas
Fonte: elaboração própria

Análise das Variáveis Influentes

Alocando-se as variáveis em gráficos, verificou-se uma relação direta entre área construída e o consumo de água nos prédios, além disso, parâmetros como o número de pessoas, áreas de banheiro, vagas de estacionamento, número de usuários e quantidade bacias sanitárias também indicaram ter o mesmo tipo de influência, no entanto com menor impacto observável.

Á. Construída x Consumo

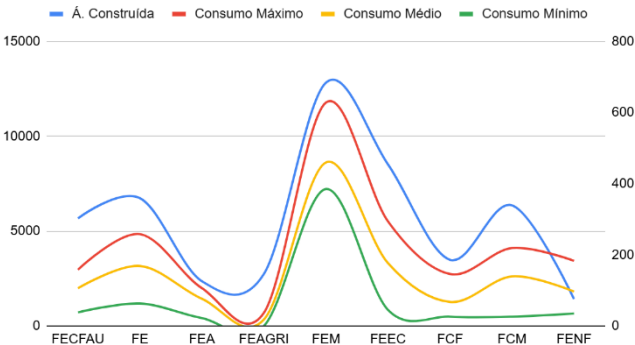


Figura 4: Relação Entre Consumo e Área
Fonte: elaboração própria

Usuários x Consumo

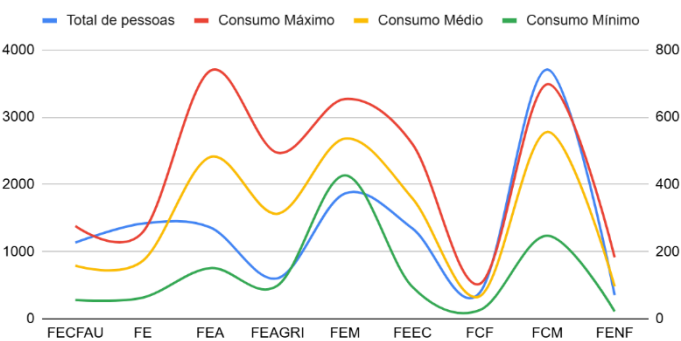


Figura 5: Relação Entre Consumo e Número de Usuários
Fonte: elaboração própria

CONCLUSÕES:

Diante dos resultados obtidos após o cálculo teórico dos consumos e comparação com a realidade por meio dos métodos estudados, ficou evidente que equações que consideram estudos mais antigos e apenas uma variável, como o caso da NBR17076 (2024) e a de Von Sperling (1996) superestimam os resultados de consumo, ficando muito acima do erro máximo esperado, em contrapartida, as fórmulas que utilizam mais de uma variável se mostraram mais precisas nas previsões de demanda, mesmo que desenvolvidas em um período antes das mudanças legislativas e tecnológicas no fim da década de 90 que almejavam diminuir os gastos de água na país. Contudo, a margem de erro de tais metodologias ainda se mostra elevada levando ao subdimensionamento em alguns casos (para a NTS 0181), como a exemplo da Faculdade de Educação e superdimensionada em outros, como o da Faculdade de Ciências Médicas. Uma vez que as infraestruturas dimensionadas através de tais consumos estimados devem atender os períodos de maior demanda e ao mesmo tempo desperdiçar o mínimo de recursos possíveis, é essencial que sejam utilizados como base para a criação de novas metodologias estudos e dados atualizados de variáveis representativas da realidade de uso das edificações, tal como o presente estudo apresenta. Desta forma possibilitando o desenvolvimento de projetos confiáveis, racionalizados e sustentáveis.

BIBLIOGRAFIA

Água e Esgoto. Disponível em: <<https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/diagnosticos-anteriores-do-snis/agua-e-esgotos-1>>. Acesso em: 01 maio. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos.** Rio de Janeiro, p. 4. 1993.

Crise hídrica ou de gerenciamento hídrico? Disponível em: <<https://jornal.usp.br/artigos/crise-hidrica-ou-de-falta-de-gerenciamento-hidrico/>>. Acesso em: 01 maio. 2024.

DE BACIAS SANITÁRIAS, A. DOS V. M. DE C. DE Á. **Bacias sanitárias com sistema dual de descarga: quanto é possível reduzir o consumo de água?** Disponível em: <<https://sites.usp.br/construinova/wp-content/uploads/sites/97/2016/07/Bacias-sanitarias-com-sistema-dual-de-descarga.pdf>>. Acesso em: 10 maio. 2024.

SANEAMENTO AVANÇA, MAS BRASIL AINDA JOGA 55% DO ESGOTO QUE COLETA NA NATUREZA, DIZ ESTUDO. Disponível em: <<https://www.tce.sp.gov.br/observatorio/saneamento-avanca-mas-brasil-ainda-joga-55-esgoto-coleta-natureza-diz-estudo>>. Acesso em: 01 maio. 2024.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água.** São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

VALÊNCIO, I. P.; GONÇALVES, O. M. Estudo laboratorial em bacias sanitárias de 4,8 L/descarga. **Ambiente construído**, v. 18, n. 4, p. 445–458, 2018.

VON SPERLING, M. **Wastewater characteristics, treatment and disposal.** Londres, England: IWA Publishing, 2007.