UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76
Recredenciamento pelo Decreto nº17.228 de 25/11/2016
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

XXIV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS
SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2021

USO DE MODELAGEM ESTOCÁSTICA PARA AVALIAR O IMPACTO DA GESTÃO DA DEMANDA

Vanessa Silva Santos[1]; Anderson de S. M. Gadéa[2] & Eduardo Cohim[3]

1) Bolsista PIBIC/FAPESB, graduanda de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Feira de Santana; e-mail: silvasantos.vanessa@hotmail.com

2) Professor Titular da UEFS, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Engenharia Ambiental.; e-mail: gadea@uefs.br.

3) Professor Titular da UEFS, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Engenharia Ambiental.; e-mail: edcohim@gmail.com.

PALAVRAS-CHAVE: usos finais; modelagem; demanda; uso eficiente

INTRODUÇÃO

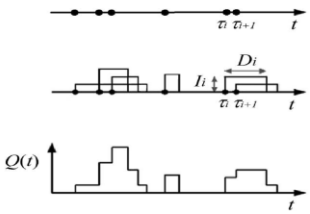
Como uma alternativa a necessidade de caracterização da demanda hídrica por medidores, metodologias pautadas na modelagem computacional tem se tornado mais atraentes para os Sistemas de Abastecimento de Água (SAA), principalmente como instrumento de tomada de decisões de gerenciamento da demanda.

Diversos aspectos podem influenciar a demanda de água, como fatores socioeconômicos e geográficos; estes devem ser considerados para estimar a máxima demanda simultânea e garantir a eficiência e economia do sistema implantado (FERREIRA & GONÇALVES 2019). Com essa finalidade, um modelo estocástico preditivo de demanda de água residencial foi desenvolvido para cinco aparelhos sanitários em residências com o passo de 1s, a fim de obter o consumo total instantâneo da demanda, em pequenas e grandes populações e comparação com aplicação de aparelhos eficientes.

METODOLOGIA

Para a realização do estudo proposto foi criado um modelo estocástico na linguagem de programação MATLAB. A estrutura do modelo criado é similar ao SIMDEUM, desenvolvido por Blokker (2010). Como mostrado na Figura 1, a demanda de uso de um usuário *'j'* em um determinado aparelho num tempo 'τ_i' é associada a um pulso aleatório de duração *'D_i'* e de intensidade *'I_i'*. Por fim a demanda total *Q* é obtida através da soma de todos os pulsos retangulares de todos os aparelhos, conforme a Equação 1 onde *k* é o índice de contagem de todos os usos finais de 1 a M, *j* o índice dos usuários e *i*, o índice que contabiliza todos eventos de uso de todos aparelhos e usuários. Neste trabalho foram considerados os usos e as distribuições descritos na Tabela 1.

Figura 1: Metodologia de mensuração do consumo utilizada no SIMDEUM.



Fonte: Blokker (2010)

Tabela 1: Padrão estatístico de uso por aparelho sanitário

	Frequência		**Duração**		**Vazão (L/S)**	
	Distribuição	Parâmetro	Distribuição	Parâmetro	Distribuição	Parâmetro
Lavatório	Poisson	λ = 5.93	Lognormal	σ=0.8449 μ=3.3551;	Lognormal	σ=0.3275; μ=-2.6677;
Pia	Poisson	λ = 24.88	Lognormal	σ=0.785; μ = 3.1763;	Weibull	λ=0.569 k= 1.5871
Chuveiro	Poisson	λ = 1.08	Gama	k=6.5216 θ= 0.7668	Lognormal	μ=-2.4205 σ= 0.2014
M.Q.L	-	-	6 Min/Ciclo		Uniforme	0.1
B.S (12L)	Poisson	λ = 2,75	Fixo	60s	Fixa	0,25L/s
Tanque	Poisson	λ = 1,15	Lognormal	σ=0,8918; μ=3,2905;	Lognormal	σ=0.3279; μ=-.3485;

Fonte: Adaptado de Ferreira e Gonçalves (2019)

Para a frequência de ciclos da máquina de lavar no Brasil foi feito o ajuste a distribuição de probabilidade Generalizada de Valores Extremos (GEV) e a Gamma, segundo base de dados do PROSEL INFO.

Tabela 2: Parâmetros da distribuição GEV para MQL

Dist.de probabilidade	**GEV**		**Log logística**	
	Frequência	**Erro padrão**	**Horário**	**Erro padrão**
Parâmetros	k = 0.2487	0.00768676	σ = 0.1856	0.00123798
	σ = 0.1338	0.00111214		
	μ = 0.1850	0.00135527	μ = 10.453	0.0024805

O horário de pico de demanda até 30min depois de acordar, nos 30 min antes de sair de casa, nos 30 min após retornar e nos 30 min antes de dormir. Dentro do modelo desenvolvido cada aparelho tem uma probabilidade de horário de ocorrência, tal que:

- A probabilidade de uso do chuveiro e do lavatório no horário de pico é de 100%, da bacia sanitária 50%, da máquina de lavar e tanque é 0%, segundo Blokker (2010)
- Na madrugada a probabilidade de uso é 10%, exceto máquina e tanque (0%).

Os parâmetros estatísticos foram definidos segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) com aplicação do teste de Kolmogorov-Smirnov (KS) para definição da distribuição, conforme a Tabela 2.

Tabela 3: Parâmetros da distribuição normal para região urbana

	Número de moradores por apartamento	**Idade**
Função de probabilidade	Gamma	Weibull
Parâmetros	k= 4,0959	λ = 1,5836
	θ = 0,6365	k = 35,8310
KS - p	0,8284	0,7821
KS - estatística	0,1572	0,0641

Fonte: Adaptado de IBGE (2011)

Para análise do uso racional, foi simulada a demanda de dois cenários por 24h com o comportamento da Tabela 3, sendo um padrão (C1) e outro (C2) com bacia sanitária com

vazão fixa de 0,4L/s e duração fixa de 5s e chuveiro com vazão fixa em 3L/min e duração fixa de 5min.

Tabela 4: Padrão horário comportamental do usuário segundo distribuição normal por faixa etária

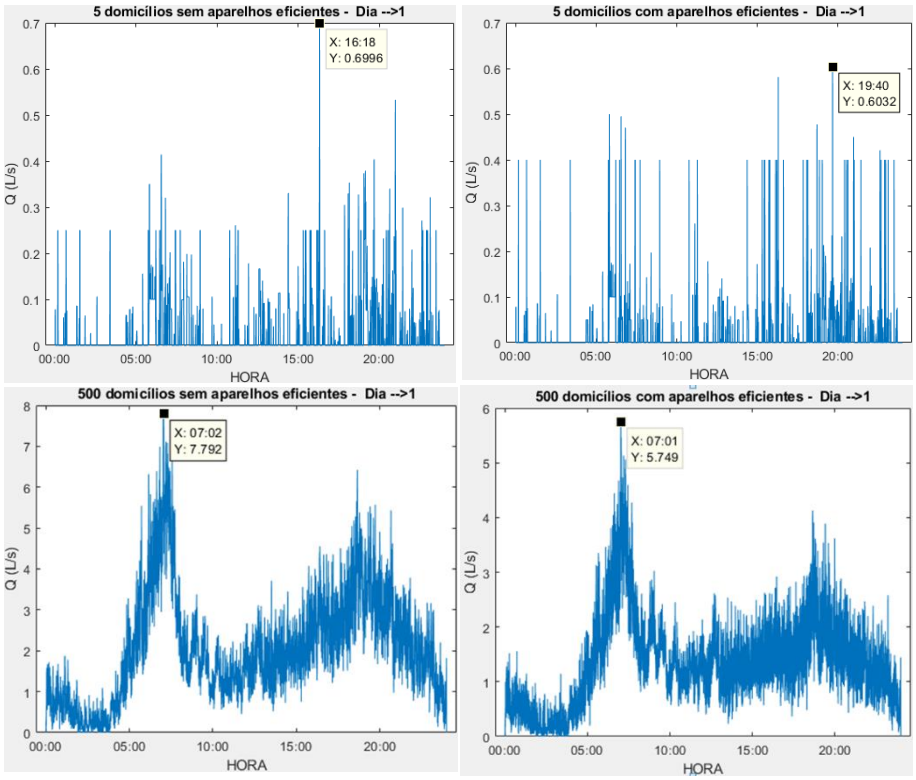
		Acordar	Sair de casa	Tempo Fora	Dormir
18 a 65 anos (90%)	μ	5:30:00	07:30:00	19:30:00	22:30:00
	σ	01:00:00	00:30:00	00:45:00	01:30:00
18 a 65 anos (10%)	μ	8:00:00	10:00:00	14:00:00	23:30:00
	σ	01:00:00	03:00:00	04:00:00	01:00:00
Até os 17 anos (matutino 60%)	μ	6:00:00	07:30:00	12:30:00	22:30:00
	σ	01:00:00	00:30:00	00:30:00	01:00:00
Até os 17 anos (vespertino 40%)	μ	09:30:00	13:00:00	18:00:00	01:00:00
	σ	01:00:00	00:30:00	00:30:00	01:30:00
A partir dos 65 anos	μ	05:30:00	10:00:00	14:00:00	21:30:00
	σ	01:00:00	03:00:00	04:00:00	00:30:00

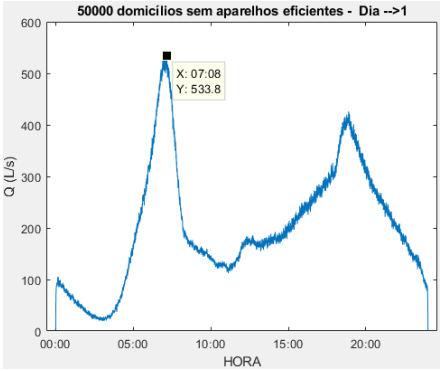
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 3, há uma concentração de picos de demanda na faixa horária da manhã que se associam ao padrão comportamental da Tabela 4. Em C2, o consumo de água foi em média 40% menor do que em C1 em todas as amostras, de acordo com a Tabela 4, e houve uma redução nos picos de demanda, evidenciando a atenuação de eventos de sobrecarga no SAA.

Ao comparar o consumo médio per capita da Tabela 4, em que os parâmetros foram obtidos por estudos na cidade de São Paulo, com demais estudos na mesma cidade de Barreto (2008), 152.7 L/dia/hab. e Rocha e Barreto (1999), de 109 L/dia/hab., é verificada a confiabilidade dos resultados.

Figura 3: Vazão (Q) em L/s por hora, cenários C1 e C2.





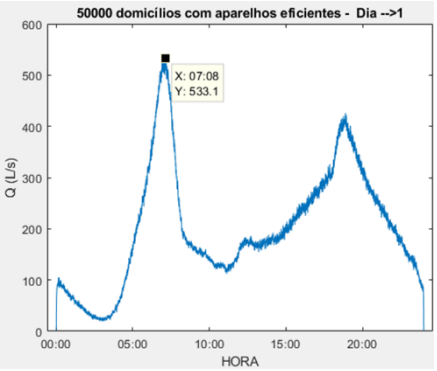


Tabela 5: Dados de consumo por cenário C1 e C2

	Domicílios	**5**	**50**	**500**	**5.000**	**50.000**
	Taxa de ocupação	**3,40**	**3,00**	**3,19**	**3,13**	**3,12**
C1	Consumo total (L)	2.187,11	17.281,00	188.320,00	1.838.089,83	18.301.000,00
	Vazão média (L/s)	0,03	0,20	2,18	21,27	211,82
	Consumo percapita (L/dia/hab)	128,65	115,21	118,22	117,61	117,45
C2	Consumo total (L)	1.143,97	10.505,00	109.070,00	1.071.000,00	10.681.731,87
	Vazão média (L/s)	0,01	0,12	1,26	12,40	123,63
	Consumo percapita (L/dia/hab)	67,29	70,03	68,47	68,52	68,55
Relação de consumo C2/C1		0,52	0,61	0,58	0,59	0,58

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de aparelhos eficientes é um dos pilares para melhor gestão da demanda e melhor aproveitamento dos recursos hídricos. O modelo criado atua como uma ferramenta com bom potencial de uso para dimensionamento dos SAA's, com resultados dentro da margem encontrada na literatura para a mesma região de estudo. Nele nota-se que a aplicação de medidas de gestão da demanda de forma hierárquica nos aparelhos com maior potencial de uso em horários de pico uniformiza a demanda e, por conseguinte, atenua eventos de sobrecargas no SAA, tal que uso eficiente do chuveiro e bacia sanitária reduziu cerca de 40% do consumo total. Para uma análise mais apurada de cada cenário deve-se considerar mais iterações, períodos mais longos, mais usos e cenários distintos, assim como a influência do gênero nas variáveis de consumo.

REFERÊNCIAS

BARRETO, Douglas (2008). Perfil do consumo residencial e usos finais da água. Ambiente Construído, v. 8, n. 2, p. 23-40.

BARRETO, D.; ROCHA, A.L. Caracterização do consumo de água de aparelhos sanitários economizadores de água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20., 1999, Rio de Janeiro. Anais...

BLOKKER, et. al. (2010). "Simulating residential water demand with a stochastic end-use model." J. Water Resour. Plann. Manage., 10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000002, 19–26.2010.

FERREIRA, T. D. V., & GONCALVES, O. M. (2019). Stochastic simulation model of water demand in residential buildings. Building Services Engineering Research and Technology, 0143624419896248

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2011). Sinopse do censo demográfico. Rio de Janeiro.