

## INFLÊNCIA DO CLIMA E O CONSUMO DE ÁGUA: UMA ABORDAGEM ESTATÍSTICA

**Mariana Antonio de Souza Pereira (\*), Ana Paula Silva Teles, Fernando Henrique Garayo Junior, Diêgo Luiz Rodrigues Santos, Fernando Jorge Corrêa Magalhães Filho.**

\* Universidade Católica Dom Bosco, [mariana.pereira58@gmail.com](mailto:mariana.pereira58@gmail.com).

### RESUMO

O presente estudo buscou verificar a influência de variáveis climáticas sobre o consumo de água no município de Campo Grande/MS, por meio do método dos mínimos quadrados, afim de obter uma função que demonstrasse a relação consumo e clima, como também elaborar modelos de equações para a previsão do consumo. Os modelos de equações desenvolvidos compreenderam os meses de junho, julho, agosto setembro, outubro e novembro, onde foi baseado na combinação das variáveis explicativas (temperatura, umidade, precipitação e quantidade de ligações), para previsão da variável resposta (volume micromedido). Pode ser observado que nos meses com maior proporção de déficits hídricos, conforme a temperatura máxima aumentava e umidade média diminuía, verificou-se um elevado consumo de água, já nos meses com uma maior presença de precipitação, conforme essa pluviosidade aumentava menor era o consumo de água. Na previsão do consumo, a variável temperatura máxima foi a que apresentou melhores resultados, os meses em que a previsão obteve valores acima de 50% de assertividade foram para: junho, agosto e outubro. Os resultados obtidos comprovam a influência do clima no consumo de água. Para uma boa correlação é necessário uma similaridade e disponibilidade de dados. As variáveis climáticas consideradas mais influente durante o período de análise foram precipitação, temperatura máxima e umidade média.

**PALAVRAS-CHAVE:** abastecimento, consumo de água, previsão de demanda.

### INTRODUÇÃO

A água é um elemento de vital e fundamental importância para a manutenção das atividades humanas, como também a existência da vida é inerente, a essa substância. Diante do cenário da crescente expansão populacional, onde os sistemas de infraestruturas básicos como água, esgoto, drenagem e manejo de resíduos devem acompanhar tal evolução, qualquer ferramenta que possibilite auxiliar no planejamento da tomada de decisão futura, é de grande valia.

Modelos climáticos indicam um aumento global de temperatura de 4°C ou mais, em muitas regiões. A mudança de precipitação ou derretimento de neve e gelo estão alterando os sistemas hidrológicos, afetando os recursos hídricos em termos de quantidade e qualidade. A combinação de alta temperatura e umidade comprometerá atividades humanas, em algumas áreas durante certas épocas do ano (IPCC, 2014).

A compreensão das mudanças naturais é um desafio. Globalmente, definisse as peculiaridades das mudanças climáticas observadas, indicando suas possíveis implicações e impactos sociais. Na América Latina observa-se uma grande variedade de modificações que podem ser decorrentes não só da variabilidade climática natural como da intervenção antrópica no sistema (SILVA & GUETTER, 2003).

Estima-se que a demanda global por água aumentará em 55% em 2050, revelando um acirramento entre a geração de energia, abastecimento urbano e produção de alimentos, e estima-se que 20% dos aquíferos são sobreexplorados (WWAP, 2015).

Inúmeras são as vantagens de se obter um modelo de possibilite prever o consumo de água, como dar uma noção de quanto será o volume a ser consumido, e conseqüentemente precaver o responsável pelo serviço para que não ocorra a falta de água. A procura por uma maior eficiência no gerenciamento dos recursos hídricos tem se tornado uma importante estratégia, devido à escassez hídrica. Para um bom funcionamento de um sistema abastecimento, o controle e planejamento são essenciais.

O modelo de regressão não-linear foi aplicado para prever a demanda de água na cidade de Adana na Turquia, através da média mensal da fatura de água, assinatura total, temperatura, umidade relativa, precipitação, radiação solar global, duração da luz do sol e pressão atmosférica. Concluiu que a demanda está diretamente relacionada ao número total de assinantes e à temperatura atmosférica (YASAR *et al.*, 2012).

Na cidade de Nobres, Mato Grosso por meio das técnicas de modelagem matemática regressão linear, séries de Fourier e sistema especialista, foi realizada previsão do consumo diário de água, considerando o volume de água distribuído e dados climáticos. O modelo aplicado apresentou resultados satisfatórios, onde indicaram um erro médio percentual do modelo inferior a 10%, podendo ser utilizado para o planejamento operacional do sistema de abastecimento de água (SILVA *et al.*, 2016).

## OBJETIVO

Analisar a influência das variáveis climáticas sobre o consumo de água no município de Campo Grande/MS, através método dos mínimos quadrados, afim de obter uma função que expresse a relação consumo e clima, e com isso prever o consumo de água para um setor de abastecimento.

## METODOLOGIA

### Área de estudo

A área de estudo está localizada na Região Urbana do Centro da cidade, sendo um dos parcelamentos do bairro Planalto e Cabreúva (CAMPO GRANDE, 2012). Conforme a classificação Köppen Campo Grande possui um clima Tropical Chuvoso de Savana (subtipo Aw), caracterizado por apresentar duas estações bem definidas, sendo o inverno seco com temperatura média de 15°C e verão chuvoso com temperatura média de 36°C, com uma média pluviométrica anual de 1.400 mm (PEEL *et al.*, 2007).

Aproximadamente 75% das chuvas ocorrem entre os meses de outubro a abril, os déficits hídricos são verificados com maior proporção nos meses de junho, julho e agosto, sendo o mês de agosto o mais seco (CAMPO GRANDE, 2015).

### Dados

Para realização desse estudo foram utilizados dados do período de 2008 a 2013, relacionados ao consumo de água e ao clima. As informações relacionadas ao consumo de água foram quantidade de ligações e volume micromedido (m<sup>3</sup>) por hidrômetro, obtidos junto à Companhia de Água e Esgoto de Campo Grande (Águas Guariroba). Os dados referentes ao clima foram temperatura, umidade e precipitação, sendo a precipitação extraída da estação meteorológica DNOS - 8.DRS (latitude -20: 45: 17; longitude -54:62:75) da Agência Nacional de Águas (ANA) através do portal Hidroweb, já a temperatura (mínima, máxima e média) e a umidade (mínima, máxima e média) foram fornecidos pelo Centro de Monitoramento de Tempo, do Clima e dos Recursos Hídricos do Mato Grosso do Sul (CEMTEC / MS - Agraer), conforme Quadro 1.

**Quadro1. Dados referentes ao mês de junho– Fonte: Autor do Trabalho.**

Junho	Precipitação (mm)	Temp Min (°C)	Temp Max (°C)	Temp Med (°C)	Umid Min (%)	Umid Max (%)	Umid Med (%)	Qte Ligações	Volume Medido (m <sup>3</sup> )
2008	6	15	26	20	47	88	68	213	2238
2009	77	15	26	20	44	84	64	222	2017
2010	9	16	28	22	36	80	58	188	1984
2011	26	15	27	21	37	82	59	170	1193
2012	252	16	26	21	49	87	68	166	1607
2013	190	17	27	22	53	91	72	146	826

### Análise multivariada

A análise multivariada tem como objetivo propor, encontrar e estabelecer relações. A técnica de análise empregada no estudo foi método dos mínimos quadrados, esse método fundamenta-se no princípio da dependência e independência, onde busca estimar o grau de associação entre uma variável Y dependente, em relação a variável ou o conjunto de variáveis X independente (HAIR *et al.*, 2005).

A identificação do grau de associação ou dependência ( $R^2$ ), estabelece uma relação entre os dados e modelo de reta, que conforme o grau de intensidade pode-se saber o quão forte é essa correlação (FEIL, 2010), conforme o Quadro 2.

A análise foi empregada nos meses junho a novembro, no período de 2008 a 2013, devido a disponibilidade de dados. O método foi aplicado mensalmente e para um melhor ajuste, a série temporal de cada mês foi segmentada em duas partes, sendo uma composta pelos anos de 2008 a 2010 e outra pelos anos de 2011 a 2013.

**Quadro 2. Intensidade de correlação entre variáveis - Fonte: Callegari-Jaques, 2003.**

$R^2$	Classificação da correlação	$R^2$	Classificação da correlação
0	Nula	0,6 - 0,9	Forte
0 - 0,3	Fraca	0,9 - 1	Muito forte
0,3 - 0,6	Regular	1	Plena ou perfeita

## RESULTADOS e CONCLUSÕES

O método foi seguido sistematicamente, as variáveis classificadas como independentes foram os dados relacionados ao clima e a quantidade de ligações de água, e a variável considerada como dependente foi o volume micromedido. O resultado obtido foi a função e o coeficiente de correlação ( $R^2$ ) para cada mês de acordo com período definido (Quadro 3), expressando uma relação de causa e efeito entre as variáveis.

**Quadro 3. Equações matemáticas obtidas pelo método dos mínimos quadrados – Fonte: Autor do Trabalho.**

MÊS/ANO	EQUAÇÃO	FUNÇÃO	$R^2$
<b>Jun 2008-2010</b>	$y = 1,2772x^2 - 109,62x + 2849,7$	Polinomial	1
<b>Jun 2011- 2013</b>	$y = 0,0657x^2 - 16,436x + 1581,1$	Polinomial	1
<b>Jul 2008-2010</b>	$y = 0,4928x^2 - 28,529x + 2236$	Polinomial	1
<b>Jul 2011- 2013</b>	$y = 2,8376x^2 - 145,2x + 3484,4$	Polinomial	1
<b>Ago 2008-2010</b>	$y = -0,058x^2 + 10,649x + 1985$	Polinomial	1
<b>Ago 2011- 2013</b>	$y = -20,644x + 2019$	Linear	0,3
<b>Set 2008-2010</b>	$y = -0,0935x^2 + 26,289x + 661,74$	Polinomial	1
<b>Set 2011- 2013</b>	$y = 0,179x^2 - 35,105x + 3030,6$	Polinomial	1
<b>Out 2008-2010</b>	$y = -0,0129x^2 + 6,2372x + 1556,9$	Polinomial	1
<b>Out 2011- 2013</b>	$y = 0,294x^2 - 107,06x + 10915$	Polinomial	1
<b>Nov 2008-2010</b>	$y = 0,7023x^2 - 169,66x + 12205$	Polinomial	1
<b>Nov 2011- 2013</b>	$y = 12,642x^2 - 3603,5x + 257924$	Polinomial	1

Todos os meses obtiveram valores de  $R^2$  igual a 1, verificando uma forte correlação entre as variáveis, exceto o mês de agosto para o segundo período, em função da precipitação ter sido 0 mm, nos anos de 2012 e 2013, não obtendo uma boa correlação. Realizando testes por meio da substituição do valor de cada variável separadamente nas equações,

pode-se observar um sistema de hierarquização. As variáveis mais influentes seguiram a seguinte ordem: precipitação, temperatura máxima e umidade média.

Nos meses com maior proporção de déficits hídricos, conforme a temperatura máxima aumentava e umidade média abaixava, verificou-se um elevado consumo de água. Já nos meses com uma maior presença de precipitação, conforme essa pluviosidade aumentava menor era o consumo de água, onde pode ser observado na Figura 2.

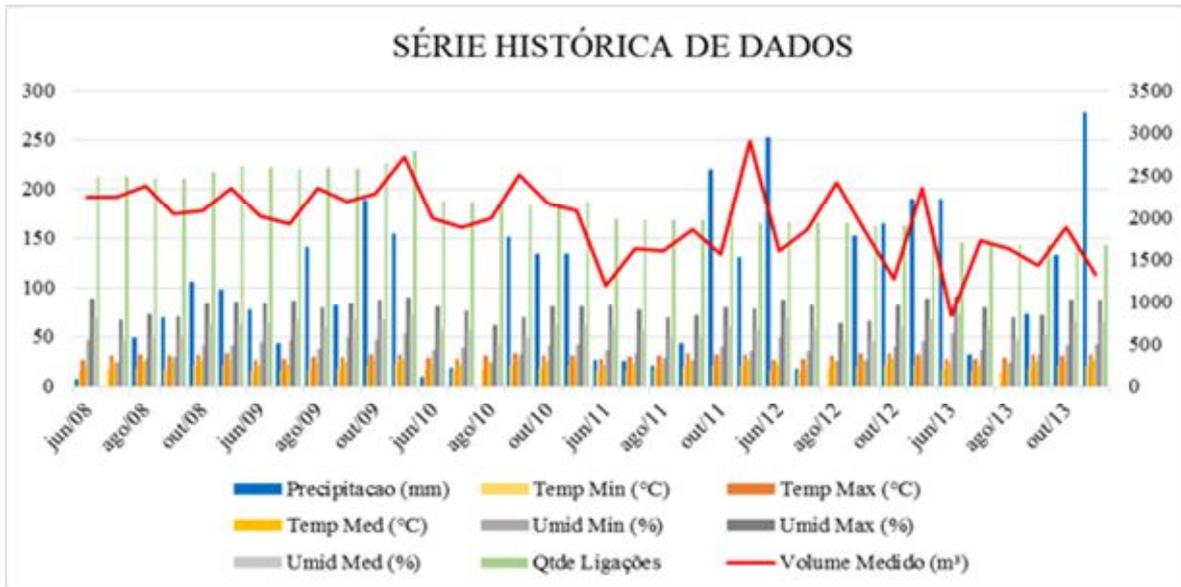
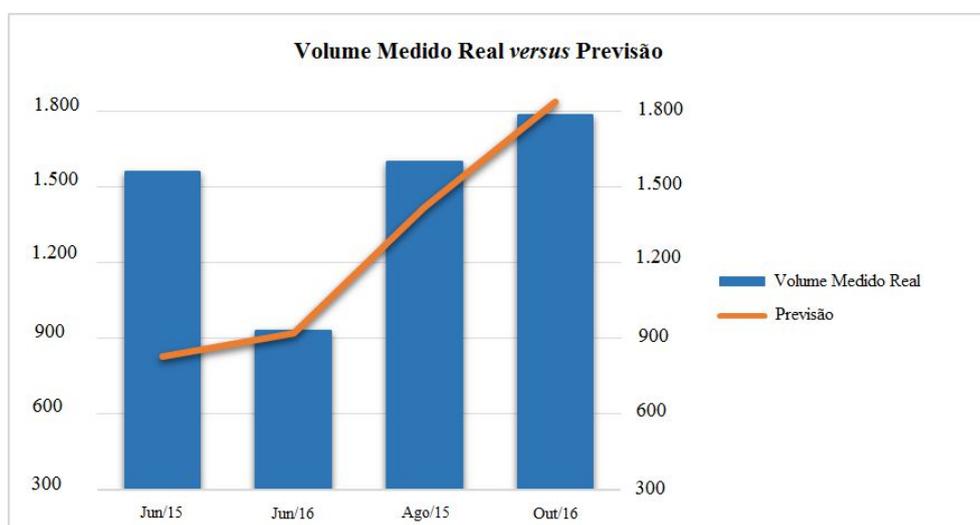


Figura 1: Série histórica de dados climáticos e de consumo – Fonte: Autor do trabalho.

Schleich e Hillenbrand (2009), na Alemanha em um estudo sobre aspectos determinantes no consumo de água, perceberam influência dos fatores climáticos, como precipitação e temperatura, e principalmente a atuação da precipitação na demanda de água.

Santos e Pereira (2009), na cidade de São Paulo realizando comparações entre medições de vazões horárias em três sistemas e as condições do tempo e de clima, observaram que em temperaturas médias amenas o consumo de água foi baixo e após eventos de chuva prolongada, o consumo aumentou.

Na previsão do consumo utilizando os modelos matemáticos obtidos, a variável temperatura máxima foi a apresentou melhores resultados. Os meses em que a previsão obteve valores acima de 50% de assertividade foram para: junho, agosto e outubro, conforme Figura 2.



**Figura 2: Comparação entre volume medido real e volume estimado – Fonte: Autor do trabalho.**

Os resultados obtidos comprovam a influência do clima no consumo de água. Para uma boa correlação é necessário uma similaridade e disponibilidade de dados. As variáveis climáticas consideradas mais influente durante o período analisado foram a precipitação, temperatura máxima e umidade média. Verificou-se que com aumento de temperatura e diminuição da umidade, maior o consumo e com o aumento de pluviosidade menor o consumo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CAMPO GRANDE. **Lei Complementar n. 74, de 6 de setembro de 2005.** Dispõe sobre o Ordenamento do uso e da Ocupação do Solo no Município de Campo Grande e dá Outras Providências. Diário Oficial da Prefeitura Municipal de Campo Grande (DIOGRANDE). Campo Grande, Imprensa Oficial, n.3.672, 31 dez. 2012.
2. CAMPO GRANDE. **Perfil Socioeconômico de Campo Grande. Prefeitura Municipal de Campo Grande, Instituto Municipal de Planejamento Urbano de Campo Grande.** 48p.
3. FEIL, A.A. **Modelagem matemática visando à caracterização e à previsão futura do sistema de abastecimento de água no município de Lajeado/RS.** Lajeado, 2010. 16p. Dissertação (Mestrado) – UNIVATES.
4. HAIR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados.** São Paulo: Bookman, 2005.
5. IPCC. **Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change.** Working Group III Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report (AR5). 2014.
6. PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; McMAHON, T. A. Update world map of the Koppen-Geiger climate classification. *Hidrology and Earth System Sciences*, Göttingen, v. 11, p. 1633-1644, 2007.
7. SANTOS, C. C.; PEREIRA, A. J. F. **Características do consumo de água na Região Metropolitana de São Paulo e os impactos do tempo e do clima.** In: Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, p. 4845-4850, 2009.
8. SILVA, M.E.S; GUETTER, A.K. **Mudanças climáticas regionais observadas no estado do Paraná.** Revista Terra Livre, São Paulo, - v. 1, n. 20, p. 111-126. 2003.
9. SILVA, W.T.P.; CAMPOS, M.M.; SANTOS, A.A. **Previsão de consumo diário de água: estudo de caso de Nobres (Brasil).** *Ingenieria del Agua*. v. 20 , n. 2, p. 73-84, 2016.
10. SCHLEICH, J.; HILLENBRAND, T. **Determinants of residential water demand in Germany.** *Ecological Economics*, v. 68, n. 6, p. 1756-1769, 2009.
11. WWAP. **The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World.** UNESCO. Paris, France, 122 p, 2015.
12. YASAR, A.; BILGILI, M.; SIMSEK, E. **Water demand forecasting based on stepwise multiple nonlinear regression analysis.** *Arabian Journal for Science and Engineering*, v. 37, n. 8, p. 2333-2341, 2012.