

MODELAGEM MORFOMÉTRICA DO AÇUDE RIACHO VERDE LOCALIZADO NA BACIA HIDROGRÁFICA DA FORQUILHA, QUIXERAMOBIM-CE

Antonio Ruberdson Pinheiro¹; Mariana Guedes Bezerra²; Francisca Elennilda Ferreira Correia³;
Maria Victória Horácio Jerônimo⁴; Jonathan Alves Rebouças⁵

1 – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, ruberdsonpinheiro96@hotmail.com.

2 – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, mariananicklipe@hotmail.com.

3 – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, elennildaferreira@gmail.com.

4 – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, victoriav130@hotmail.com.

5 – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, jalvesreboucas@gmail.com.

RESUMO

A geometria de um açude define o volume de água que ele irá armazenar. Já que o estudo do balanço hídrico em regiões de escassez hídrica é uma excelente ferramenta para o processo de gestão hídrica, o volume de água disponível nos corpos hídricos é uma variável que deve ser conhecida. O presente trabalho se propôs a verificar a adequação de um modelo teórico de armazenamento a dados reais obtidos de um açude do semiárido cearense por meio de batimetria. Os resultados mostraram que o modelo teórico precisa da inclusão de variáveis como erosividade da chuva e erodibilidade das encostas para explicar mudanças na geometria do açude devido a processos erosivos.

PALAVRAS CHAVE: açude, geometria e semiárido.

INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos do semiárido cearense sofrem com intenso déficit hídrico. A gestão desses recursos demanda um conhecimento profundo sobre as variáveis climáticas que controlam o processo evaporativo. Portanto, o conhecimento do balanço hídrico de lagos, açudes e rios é parte fundamental de uma gestão eficiente desses recursos. Todavia, mesmo com o conhecimento preciso das variáveis externas, muitas vezes o balanço hídrico pode ser subestimado ou superestimado caso não se tenha um conhecimento preciso da capacidade máxima de acúmulo de água do corpo hídrico. Embora a batimetria seja o procedimento mais indicado para se avaliar a morfometria do açude, essa técnica possui uma logística, muitas vezes, inviável. A fim de resolver tais problemas, uma vez que a quantidade de açudes distribuídos ao longo da região semiárida cearense inviabiliza a batimetria individual, vários modelos geométricos foram propostos a fim de estimar o volume contido em reservatórios por meio do ajuste de um punhado de parâmetros (ALBERTIN *et al.*, 2010; JAFROODI; ZHANG, 2011; MCMAHON; ADELOYE; ZHOU, 2006; MOHAGHEGH, 2011; NILSSON, 2009; PHIEN, 1993)

Embora hajam muitos métodos eficientes de estimar o volume de reservatório por meio de suas cotas, nesse trabalho utilizaremos o modelo de MOLLE (1994).

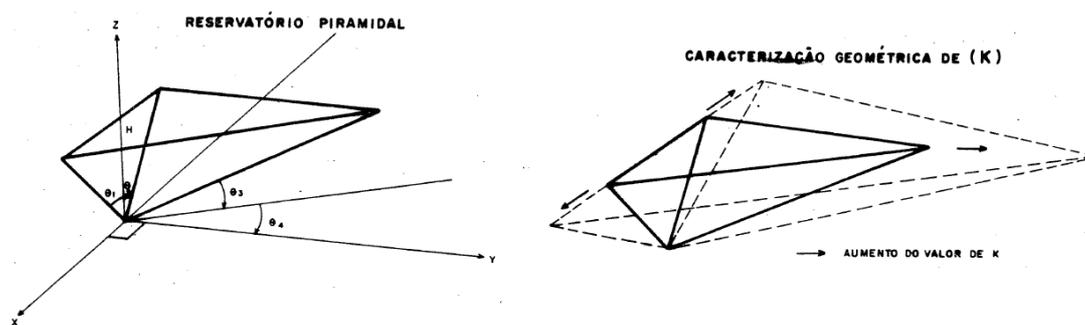
Esse trabalho tem como objetivo verificar a adequação do modelo proposto por MOLLE (1994) ao açude do Riacho Verde, localizado na região de Quixeramobim-CE.

MATERIAL E MÉTODOS

A análise geomorfológica de um açude se baseia no estudo da geomorfologia e morfometria, que levam em consideração as características geométricas, portanto fez-se necessário adotar um modelo geométrico que seja representativo em relação as características geométricas dos corpos hídricos. O trabalho de análise geométrica foi baseado na teoria de MOLLE (1994) em seu livro GEOMETRIA DOS PEQUENOS AÇUDES, em que são utilizados os coeficientes de forma (α) e de abertura (K) como parâmetros de caracterização geométrica.

Segundo MOLLE (1994) o coeficiente K está relacionado à abertura geral do cone do reservatório, ou seja, o K será maior para açudes com maior abertura e menor inclinação do vale que os barra. A idealização geométrica desse parâmetro é mostrada na **Figura 1**.

Figura 1 - Representação geométrica piramidal de um reservatório.



Fonte: (MOLLE, 1994)

A faixa de valor admitida para K é de 200 a 10000, **Tabela 1**.

Tabela 1 – Valores de referência para o parâmetro K

Caracterização	Vales encaixados Relevo muito acidentado	Vales regulares Relevo ondulado médio	Vales abertos e planos. Relevo pouco marcado.
Valor de (K)	200 – 1000	800 – 3000	2000 - 10000

Fonte: (MOLLE; CADIER, 1992)

O parâmetro α possui uma relação direta com a concavidade das encostas. Os valores de α vão de 2,20 a 3,40. Os menores valores de α estão relacionados a encostas côncavas, enquanto que seus maiores valores são atribuídos a encostas convexas, **Tabela 2**.

Tabela 2 – Valores de referência para o parâmetro α .

Caracterização (Perfil do vale)	Encostas côncavas	Vale em V	Encostas convexas
Valor de (α)	2,20 – 2,80	2,70 – 3,20	3,00 – 3,40

Fonte: (MOLLE; CADIER, 1992)

Os dados usados para ajustar os parâmetros ao modelo geométrico de cada reservatório são oriundos de batimetrias realizadas no açude do Riacho Verde, cujos dados permitem a montagem da curva cota x área x volume real do reservatório. A partir da curva real é realizado o ajuste dos parâmetros.

Para a modelagem morfométrica os parâmetros α e K foram calibrados para o açude. A função objetivo usada foi a de Nash e Sutcliffe (1970) (NSE).

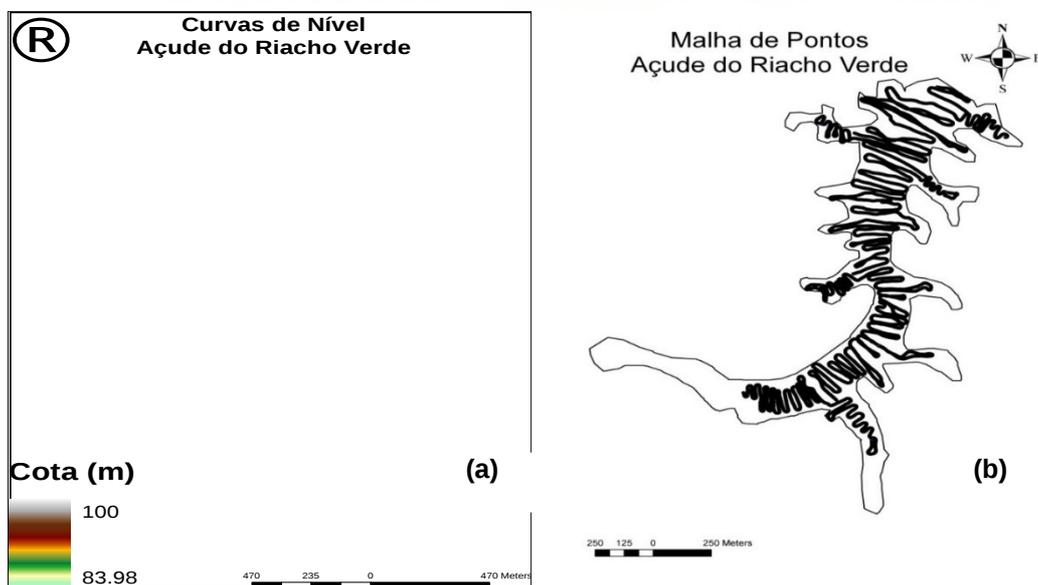
$$FO = (1 - NSE_V)^2 + (1 - NSE_A)^2 \quad (1)$$

A função objetivo FO utiliza os valores de NSE obtidos quando são comparados os valores medidos e modelados do volume (NSE_V) e da superfície da bacia hidráulica (NSE_A); essa função tem zero como valor mínimo e pondera os valores de NSE obtidos para as relações entre volume e cota (V-H) e superfície e cota (S-H). Essa função demonstrou manter certa homogeneidade entre os resultados de NSE encontrados para as duas relações supramencionadas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

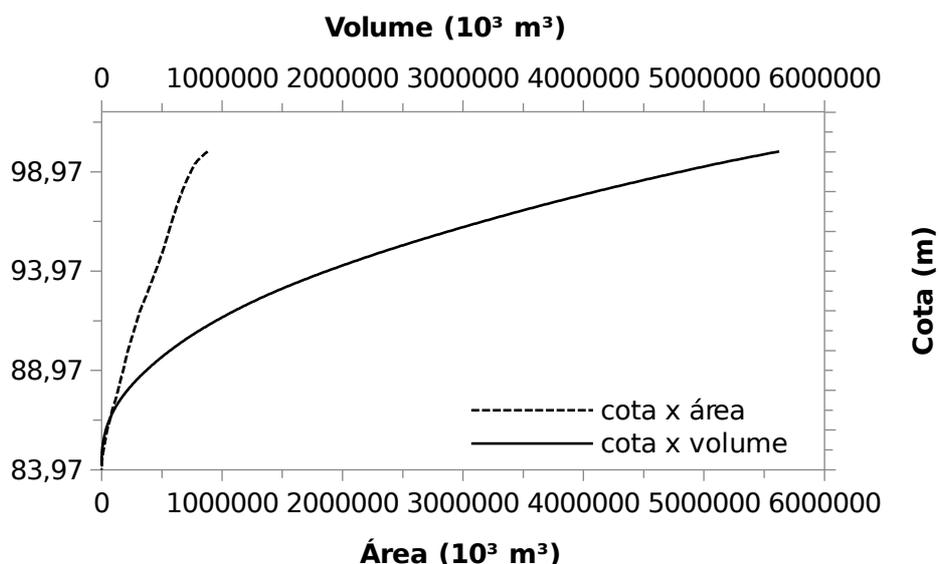
A malha de pontos e o Modelo Digital de Elevação (MDE) gerado para o açude do Riacho Verde pode ser visto na **Figura 2(a)** e na **Figura 2(b)**, respectivamente.

Figura 2 - (a) Curvas de nível geradas a partir da interpolação da malha de pontos. **(b)** Malha de pontos obtida durante a batimetria;



Na **Figura 3** estão as curvas CAV montadas para o açude do Riacho Verde. A curva cota x volume é suave seguindo uma tendência polinomial. A curva Cota x Área aproxima-se de uma reta, em alguns pontos, com leves flutuações.

Figura 3 - Curvas CAV do açude do Riacho Verde.



A **Tabela 3** mostra a relação dos métodos e os valores de α e K encontrados durante a otimização com diferentes métodos de otimização para o açude do Riacho Verde seguindo a

metodologia proposta. O índice “v” nos parâmetros corresponde a otimização realizada para a relação V x H (volume/profundidade), o índice “a” corresponde aos valores dos parâmetros obtidos otimizando a relação A x H (área/profundidade) e o índice axv corresponde a otimização utilizando como função objetivo FO (relação ponderada).

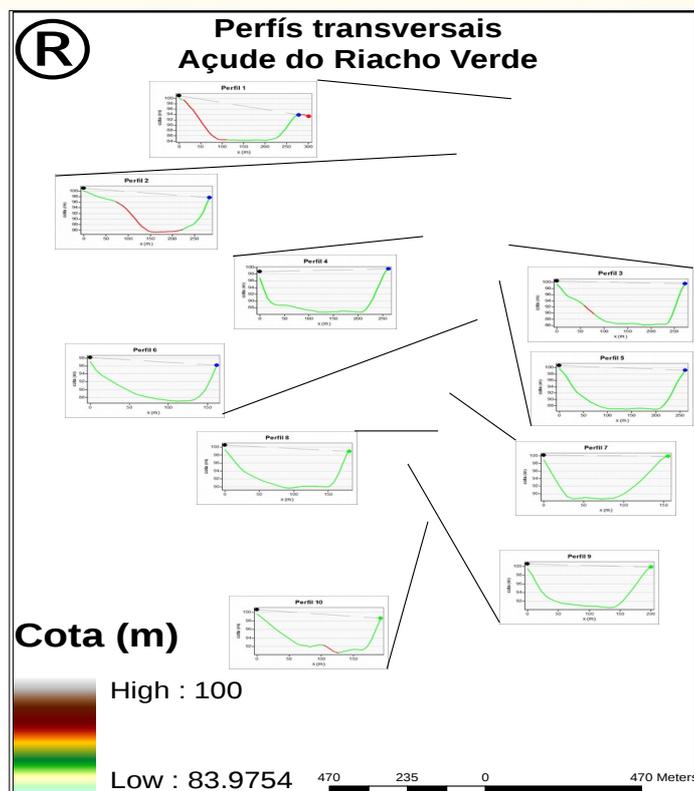
Tabela 3- Métodos de otimização utilizados parâmetros obtidos durante a otimização para o açude do Riacho Verde.

Métodos	(α_v , K_v)	(α_a , K_a)	(α_{axv} , K_{axv})
Método 1	(2,332, 8709,93)	(2,342, 8519,13)	(2,341, 8519,66)
Método 2	(2,332, 8709,98)	(2,342, 8519,15)	(2,342, 8515,96)
Método 3	(2,332, 8709,41)	(2,342, 8518,86)	(2,342, 8518,35)
Método 4	(2,503, 5626,40)	(2,478, 5882,18)	(2,284, 9999,91)

Dentre os métodos utilizados, apenas o método Método 4 apresentou valores de α e de K divergentes até a terceira casa decimal. Esse método foi descartado na análise final, uma vez que demonstra não ter alcançado um mínimo global. Já os valores de K demonstraram pequena discordância a partir do segundo algarismo, logo, estão todos na mesma ordem de grandeza. Para o valor de α foi adotado 2,3 e para o valor de K a média aritmética e adotado o valor aproximado de 8500. Contudo, o resultado apresentou algumas divergências se comparados aos valores regionais dos parâmetros α e K, que são, respectivamente, 2,7 e 1500, (MOLLE; CADIER, 1992).

Mesmo com os valores dos parâmetros divergindo, consideravelmente, dos valores regionais, os perfis transversais na **Figura 4** mostram claramente a natureza côncava das encostas do reservatório que é percebida em quase todos os perfis, o que corrobora com o baixo valor de α encontrado durante a otimização

Figura 4 - Perfis transversais do açude do Riacho Verde;



Acredita-se, com base nos perfis da figura acima, que o alto valor de K se deve, principalmente, ao processo erosivo das encostas do açude que aterram a região de talvegue do reservatório.

CONCLUSÃO

Os valores obtidos para os parâmetros α e K divergiram dos valores regionais. Acredita-se que esse desvio se deve, principalmente, ao processo erosivo das encostas que modificam a geometria interna dos açudes. Conclui-se com isso que os parâmetros propostos por MOLLE (1994) possuem uma dependência com os processos erosivos das encostas. Para melhor investigar essa dependência sugere-se trabalhos que relacionem os parâmetros α e K com variáveis como erosividade da chuva e erodibilidade do solo das encostas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTIN, L. L. *et al.* Cálculo do Volume e Análise da Deposição de Sedimentos do Reservatório de Três Irmãos. *RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 15, p. 57–67, 2010. Disponível em: <<http://www.abrh.org.br/novo/detalha.php?>

id=602&t=C&lculo+do+Volume+e+An&lise+da+Deposi&o+de+Sedimentos+do+Reservat&ri
o+de+Tr&s+Irm&os>.

JAFROODI, N.; ZHANG, D. New method for reservoir characterization and optimization using CRM–EnOpt approach. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, v. 77, n. 2, p. 155–171, maio 2011. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0920410511000581>>.

MCMAHON, T. A.; ADELOYE, A. J.; ZHOU, S.-L. Understanding performance measures of reservoirs. *Journal of Hydrology*, v. 324, n. 1–4, p. 359–382, 15 jun. 2006. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002216940500497X>>.

MOHAGHEGH, S. D. Reservoir simulation and modeling based on artificial intelligence and data mining (AI&DM). *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, v. 3, n. 6, p. 697–705, dez. 2011. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1875510011001090>>.

MOLLE, F. *GEOMETRIA DOS PEQUENOS AÇUDES*. III ed. Recife: SUDENE/ORSTON/TAPI, 1994.

MOLLE, F.; CADIER, E. *Manual do Pequeno Açude*. III ed. Recife: SUDENE/ORSTON/TAPI, 1992.

NASH, J. E.; SUTCLIFFE, J. V. River flow forecasting through conceptual models part I — A discussion of principles. *Journal of Hydrology*, v. 10, n. 3, p. 282–290, abr. 1970. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0022169470902556>>. Acesso em: 20 mar. 2012.

NILSSON, C. Reservoirs. In: WATERS, E.-C. G. E. L. B. T.-E. OF I. (Org.). . Oxford: Academic Press, 2009. p. 625–633. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123706263000399>>.

PHIEN, H. N. Reservoir storage capacity with gamma inflows. *Journal of Hydrology*, v. 146, n. 0, p. 383–389, 1 jun. 1993. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/002216949390285H>>.