

XIII ENCONTRO DE RECURSOS HÍDRICOS EM SERGIPE

AValiação Hidrológica em Açudes Não-Monitorados: O Caso do Açude Marcela/SE

¹Bruno Collischonn; ²Cristiano Egnaldo Zinato

RESUMO: O gerenciamento dos recursos hídricos em reservatórios exige a estimativa do respectivo potencial de regularização. Realizar essa estimativa de forma minimamente confiável nos pequenos açudes do Nordeste brasileiro é um desafio, tendo em vista a ausência de monitoramento fluviométrico. Mesmo o monitoramento do histórico de níveis do açude, que poderia dar indicativos sobre a hidrologia da sua bacia, nem sempre está disponível. No Estado de Sergipe estes fatores são agravados devido ao fato que boa parte das bacias se encontra na transição entre o semiárido e o litoral nordestino, regiões que apresentam diferentes padrões de sazonalidade da precipitação. É o caso do açude Marcela em Itabaiana/SE, que é estudado no presente artigo. Este trabalho tem por objetivo fazer a estimativa da disponibilidade hídrica baseada em simulação chuva-vazão simplificada para pequenos reservatórios sem monitoramento hidrológico, como é o caso do açude Marcela, localizado na cidade de Itabaiana/SE. Foram realizadas algumas medições in loco que permitiram a estimativa da capacidade de armazenamento do açude e a aplicação de um modelo chuva-vazão simplificado, que resultou na estimativa de um valor de referência para o potencial de regularização do açude, dando alguma segurança para o tomador de decisão gerenciar os recursos hídricos do manancial.

Palavras-Chave – Disponibilidade hídrica, curva cota-área-volume, vazão de referência.

INTRODUÇÃO

Segundo DNOCS (2020) o açude Marcela é um pequeno reservatório construído pelo Departamento Nacional de Obras Contra a Secas (DNOCS) em 1957 na cidade de Itabaiana, Estado de Sergipe, por meio do barramento do riacho Marcela, tributário do rio Vaza Barris. De acordo com sua ficha técnica possui capacidade de armazenamento de 2,71 hm³, espelho d'água com área de 97 ha e cota de vertimento de 98,72 m. A área de drenagem, delimitada em modelo de elevação de 30 m do SRTM (Missão Topográfica Radar Shuttle), é de 11,3 km². Não há registro da curva cota-área-volume (CAV) do reservatório.

As águas do açude Marcela atualmente são usadas para pesca, recreação e irrigação de hortaliças em pequenas propriedades com aspersão e irrigação localizada. Estão instalados nas imediações dois pequenos pivôs centrais. Segundo ANA (2017a) não há tratamento de esgoto em Itabaiana e 90% da parcela do esgoto que é coletado afluí ao açude Marcela. As chuvas mais expressivas na região ocorrem de maio até agosto, coincidente com o período de chuvas do litoral nordestino. Segundo relatos o açude sangra na maioria dos anos, tendo sangrado em 2019, mas não em 2018.

¹) Especialista em Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas – ANA. Setor Policial, Área 5, Quadra 3, Bloco O - Sala 105 - CEP 70610-200 - Brasília – DF. Telefone 61-2109-5566. bruno.collischonn@ana.gov.br.

²) Especialista em Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas – ANA. Setor Policial, Área 5, Quadra 3, Bloco O - Sala 105 - CEP 70610-200 - Brasília – DF. Telefone 61-2109-5566. cristiano.zinato@ana.gov.br.



A estimativa de vazões de referência para este reservatório pela mera extrapolação a partir de estações de monitoramento em bacias hidrográficas próximas encontra dificuldades adicionais devido ele se situar na região de transição entre o semiárido e o litoral nordestino, por ser uma bacia hidrográfica de pequeno porte e não possuir medições de vazões e histórico de volumes acumulados.

Embora a gestão das águas do riacho Marcela seja de domínio do Estado de Sergipe, por ser um reservatório construído com recursos federais as águas acumuladas no açude são de domínio da União, sob responsabilidade da Agência Nacional de Águas (ANA). Trata-se de um manancial que nunca teve sua hidrologia avaliada em detalhe pela ANA. Para a adequada gestão dos recursos hídricos, em especial para a análise de pedidos de outorga do direito de uso da água, a deficiência nas informações hidrológicas implica em dificuldades à ANA. Dentre os fatores de incertezas está o fato de que a capacidade volumétrica constante na ficha técnica pode estar defasada, pois remonta à década de 1950, quando a precisão dos levantamentos topobatimétricos era inferior à atual. Além do mais, a informação somente da capacidade máxima traz limitações aos estudos, uma vez que idealmente uma simulação de balanço hídrico de reservatório deve contemplar a variação do volume armazenado e da área inundada, por meio da curva CAV.

O presente trabalho partiu da necessidade de técnicos da ANA darem uma resposta a pedidos de outorga existentes no açude Marcela, sendo que não foi encontrado nenhum estudo que fornecesse informações sobre sua disponibilidade hídrica, ou seja, de seu potencial de regularização (ANA, 2020b).

Este trabalho tem por objetivo fazer a estimativa da disponibilidade hídrica baseada em simulação chuva-vazão simplificada para pequenos reservatórios sem monitoramento hidrológico, como é o caso do açude Marcela, reservatório localizado na cidade de Itabaiana/SE.

MATERIAL E MÉTODOS

O contorno da bacia hidrográfica do açude Marcela foi delimitado a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) do SRTM de 30 m, sendo que cerca de 50 % da bacia encontra-se urbanizada, conforme representado na Figura 1.

Para subsidiar a estimativa foi feita uma vistoria ao local em 31/01/2020. A barragem é de terra e possui vertedor de cerca de 15 m de largura. A altura máxima da barragem foi estimada em 10 m. Não há registro de monitoramento de nível, embora tenham sido encontrados restos de uma régua junto à barragem. A partir das marcas de cheia verificadas no suporte da régua foi estimado um rebaixamento de 95 cm do reservatório em relação ao nível de sangria.

Para fazer uma estimativa expedita da capacidade de armazenamento e da curva CAV partiu-se de uma abordagem semelhante à proposta em Molle e Cadier (1965). A área inundada foi estimada em duas datas onde o nível d'água era conhecido, obtendo-se uma regressão linear entre elas. As datas de referência são a data da vistoria em campo, em 31/01/2020, e a data do vertimento mais recente, 26/07/2019, segundo moradores locais.

Para a estimativa de vazão regularizada foram utilizados dados de precipitação de três estações do INMET: Itabaiana (a partir de abril de 2017), Itabaianinha (80 km ao sul) e Propriá (100 km ao norte), localidades de clima similar. O comportamento das séries mensais de precipitação nessas três estações, ilustrado na Figura 2, foi avaliado no período de coincidência de dados, para avaliar como eles estão correlacionados. Em relação à evaporação de Piche foi utilizada a série histórica da estação Itabaianinha.



Figura 1. Imagem de satélite SENTINEL com delimitação da área de drenagem afluente ao açude Marcela

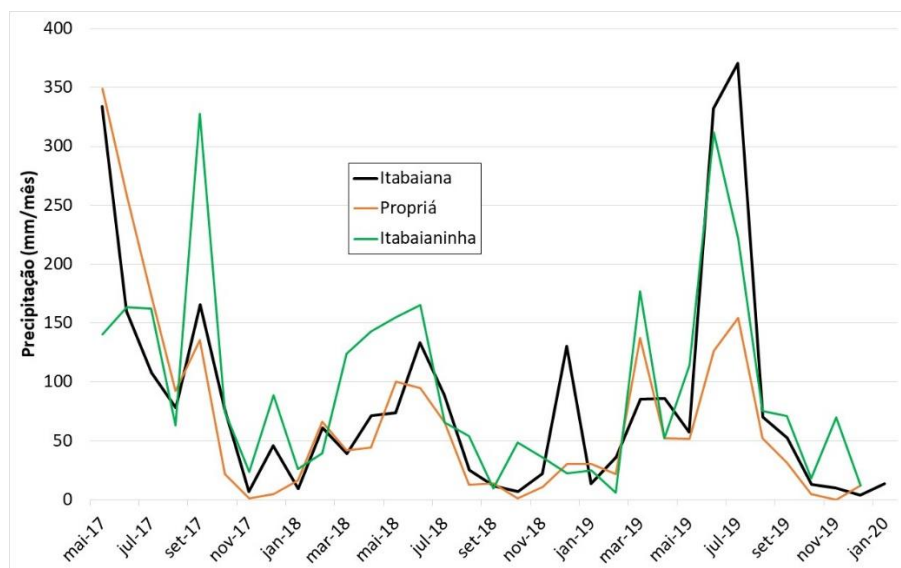


Figura 2. Séries de precipitação mensal em Itabaiana, Propriá e Itabaianinha, de 2017 a 2019

Para contornar a limitação da simulação chuva-vazão em uma situação carregada de grandes incertezas foi feita uma simulação chuva-vazão acoplada a uma simulação do balanço hídrico do reservatório até que os resultados refletissem algumas características do seu comportamento recente, obtidas dos relatos em campo. Essas características são: a) vertimento no final de julho de 2019; b) ausência de vertimento no ano de 2018; c) vertimento a cada dois anos, em média, aproximadamente; e d) volume equivalente a um rebaixamento de 95 cm no fim de janeiro de 2020.

Como modelo chuva-vazão foi proposto um modelo bastante simples, apresentado pela Equação 1, baseado em um coeficiente de deflúvio médio, ou seja, percentual da chuva que é

convertido em vazão afluente, e uma lâmina de abstração inicial, para representar precipitação retida em depressões e por interceptação, de forma a evitar que mesmo chuvas mensais baixas resultem em escoamento.

$$V_t^{afl} = \frac{C \cdot (P_t - I_a) \cdot A_{dren}}{1000} \quad (1)$$

Onde V_t^{afl} é o volume afluente ao reservatório no mês t (em hm^3), P_t é a precipitação medida no mês (em mm), A_{dren} é a área de drenagem da bacia (em km^2) e C e I_a são os parâmetros do modelo: coeficiente de deflúvio (adimensional) e abstração inicial (mm).

No modelo proposto toda a precipitação de um dado mês é escoada (ou perdida) no próprio mês. Essa simplificação só é possível nesse caso devido à pequena área da bacia e por sua característica semiurbana. Além disso, relatos locais dão conta de que mesmo na área rural o solo tem baixa profundidade, com substrato rochoso próximo à superfície³. Com isso, é de se esperar uma baixa capacidade de armazenamento de água no solo, e uma resposta rápida da bacia à precipitações.

Foram arbitrados valores iniciais para ambos os parâmetros, para geração de uma série de vazões inicial. Esta série foi então utilizada em uma simulação de balanço hídrico do reservatório, considerando ainda: a) a curva CAV estimada neste artigo; b) a série de evaporações adotada para o reservatório, descontada da precipitação direta; c) os volumes mensais captados para irrigação, correspondentes a uma área estimada, em imagens de satélite, em 40 ha (dois pivôs com 18 e 10 ha e cerca de 12 ha de hortaliças em pequenas propriedades) e consumo específico de $0,5 \text{ L.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$; d) o aporte de esgoto estimado em 5 L.s^{-1} .

Os parâmetros do modelo chuva-vazão foram então variados, consequentemente variando-se a série de vazões afluentes até que se observasse aproximadamente as quatro características do comportamento observado, mencionadas acima. Isso foi obtido para um coeficiente de deflúvio de 20% (0,2) e uma lâmina de abstração inicial⁴ de 50 mm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As imagens utilizadas nas estimativas foram obtidas de composições SENTINEL da Agência Espacial Europeia, sendo uma de 16/01/2020, próxima à data da vistoria de campo, e outra de 04/08/2019, logo após o vertimento mais recente. Foi verificada que a área inundada da bacia hidráulica em 04/08/2019 era de 58,7 ha, referente, portanto, à cota de 98,72 m. Esta área é 39,5 % menor que a área do espelho d'água de projeto. Já para a data de 16/01/2020 a área do espelho d'água obtida foi de 53,8 ha, e a cota observada em campo foi de 97,77 m. Ressalta-se que a delimitação da área inundada em imagens de satélite em datas próximas a essa foi dificultada pela presença frequente de nuvens na região, bem como pela ocorrência de macrófitas na superfície do lago.

Com esse par de dados cota-área foi obtida uma regressão linear entre cota e área. Por integração (área abaixo da reta) obtém-se o volume para cada nível, resultando uma capacidade máxima correspondente à cota de vertimento de $3,30 \text{ hm}^3$, superior à informada por DNOCS (2020).

Naturalmente, há diversas incertezas nessa estimativa além da ocorrência de macrófitas e nuvens. Primeiramente, a extrapolação linear de um fator complexo como a variação do terreno natural deve ser encarada com cautela. Normalmente, a relação cota-área em pequenos açudes segue uma relação potencial (Molle e Cadier, 1965). Entretanto, se fosse ajustada uma regressão potencial nesse caso, a capacidade resultaria ainda maior, o que seria contra a segurança, dadas as incertezas mencionadas. Além disso, como os dados são relativamente próximos em relação à variabilidade de

³ Esta constatação é corroborada pelo memorial descritivo do sistema de coleta de esgotos de Itabaiana, que cita explicitamente a dificuldade para enterrar coletores a profundidades maiores, devido à camada rasa de solo e o substrato rochoso logo abaixo (DESO, 2020).

⁴ Deve-se ressaltar que o termo entre parênteses na equação é nulo sempre que a precipitação no mês for inferior à lâmina de abstração inicial, para evitar afluições negativas.



níveis e áreas inundadas pequenos erros na estimativa em uma das datas podem influenciar muito a inclinação da reta de regressão e, consequentemente, o volume. Some-se a isto que a resolução espacial das imagens (10 m) é relativamente grosseira, dado o pequeno tamanho do açude. Também aumenta a incerteza o fato de que as datas de leitura do nível e da área inundada não coincidem, pela ocorrência de nuvens nas imagens próximas à data da vistoria.



Figura 3. Composição SENTINEL de 16/01/2020 (esquerda) e em data próxima à visita e de 4/8/2019 (direita), logo após o vertimento mais recente, com as respectivas áreas inundadas (em laranja e cinza)

Da regressão depreende-se uma profundidade máxima de 11,3 m, que é um pouco maior do que a altura estimada para o barramento de 10 m. Este resultado possivelmente também decorre, pelo menos em parte, da baixa inclinação da reta de regressão e da diferença de datas. Assim, para fins de simulação, considerou-se por segurança que a capacidade de 2,71 hm³ informada por DNOCS (2020) é mais correta, e a curva cota-área-volume obtida foi corrigida proporcionalmente para refletir esse ajuste.

Na Figura 4 é mostrado o resultado da simulação em termos de nível do reservatório nos últimos 4 anos. Observa-se que as principais características do comportamento do reservatório parecem ter sido representadas: vertimento a cada dois anos, vertimento em julho/agosto de 2019, sem vertimento em 2018. O rebaixamento resultante para o reservatório no fim de janeiro de 2020 resultou em 96 cm, portanto bastante próximo ao que foi observado na vistoria, de 95 cm.

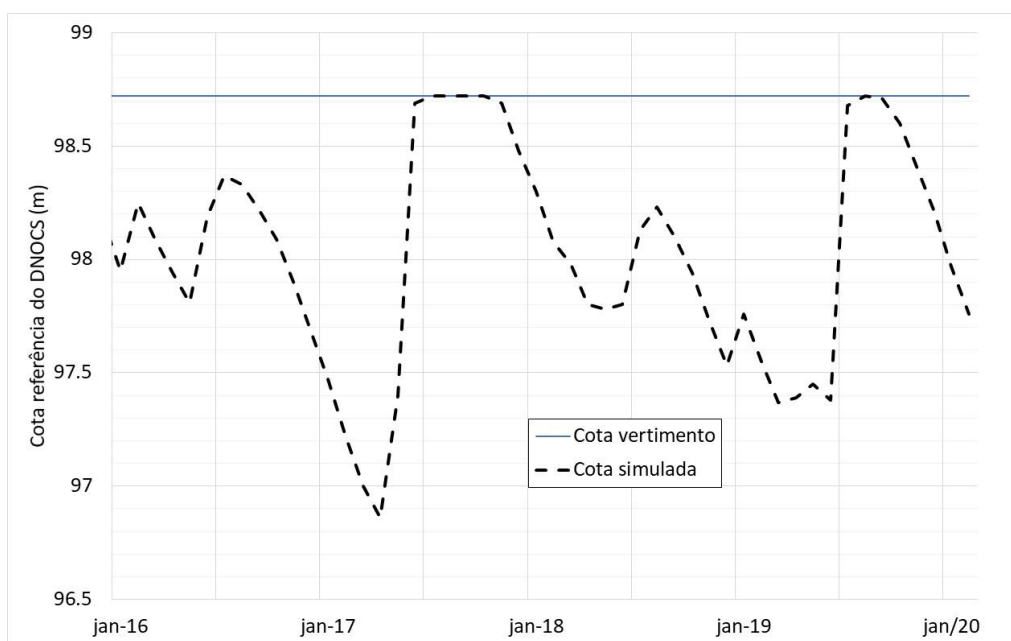


Figura 4. Resultado da simulação para ajuste do modelo chuva-vazão



A vazão média de longo termo (QMLT) específica resultou em $3,2 \text{ L.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$, o que parece ser um resultado coerente e conservador para a região.

Por fim, a simulação de balanço hídrico do reservatório foi repetida, desta vez variando-se a demanda associada ao reservatório até que o volume morto fosse atingido, de forma a estimar o potencial de regularização do açude. Isto foi obtido para uma demanda de 30 L.s^{-1} , sugerindo-se que esta seja a vazão de referência a ser adotada pela ANA para esse manancial.

CONCLUSÕES

No presente parecer, partiu-se da necessidade real de tomada de decisão para propor uma metodologia de estimativa de vazões de referência (capacidade de regularização) para o açude Marcela. Este método pode ser útil em vários açudes não-monitorados no Nordeste, particularmente em regiões como o Estado de Sergipe, que se encontra na transição entre diferentes climas, de forma que é difícil regionalizar informações a partir de dados de outras bacias.

A utilidade do método decorre da sua simplicidade de aplicação e poucos dados, valendo-se de algumas observações em campo e relatos de moradores a respeito do histórico hidrológico do manancial, acompanhadas de julgamento técnico adequado.

Tendo em vista o grande número de açudes não monitorados no Nordeste e a necessidade de seu gerenciamento, entende-se que o método pode ser replicado para vários outros casos.

Ressalta-se que as estimativas da curva cota-área-volume e da vazão de referência do açude Marcela em Itabaiana/SE contém incertezas e fragilidades, devido ao fato de terem sido baseadas em informações locais e medições aproximadas. Ainda assim, tendo em vista a ausência de outros estudos e falta de monitoramento na bacia e na região, considera-se que é a melhor informação que pode ser obtida. De fato, a ANA passará a usar a vazão de referência aqui estimada para a análise e emissão de outorgas nesse manancial (ANA, 2020b).

Destaca-se que este reservatório é usado por vários pequenos irrigantes, que possuem necessidade de regularização para à tarifa de energia elétrica com desconto noturno e para acesso ao crédito do Programa Nacional para Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF).

REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional de Águas (Brasil). “*Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas / Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental*”. Brasília: ANA, 2017. 88 p. Disponível em <http://biblioteca.ana.gov.br/index.html>. Acessado em 15/01/2020.

ANA. Agência Nacional de Águas (Brasil). “*Parecer Técnico 3/2020/SRE-ANA. Disponibilidade hídrica do Açude Marcela (SE)*”. Brasília. 2020.

DESO. Companhia de Saneamento de Sergipe. “*Memorial descritivo do projeto do sistema de esgotamento sanitário da cidade de Itabaiana*”. CD ROM. 2020.

DNOCS. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. “*Seminário em Sergipe vai definir Gestora de Açude*”. Disponível em: <https://www2.dnocs.gov.br/p/orcamento/file/314-execucao-orcamentaria-e-financeira-31-07-2019>. Acessado em 15/01/2020.

Molle, F. e Cadier, E. “*Manual do pequeno açude: construir, conservar e aproveitar pequenos açudes no Nordeste brasileiro*”. Recife: SUDENE / DPG / PRN / DPP / APR, 1992. 523 p.