



## VARIÁVEIS HIDROGEOLÓGICAS DE AQUÍFERO ALUVIAL E POTENCIAL PARA IRRIGAÇÃO NO SEMIÁRIDO

Marcos Amauri Bezerra Mendonça<sup>1</sup>, Kenya Gonçalves Nunes<sup>2</sup>, Raimundo Nonato Távora Costa<sup>3</sup>, Claudivan Feitosa de Lacerda<sup>3</sup>

**RESUMO:** A exploração de recursos hídricos subterrâneos deve ser realizada com base na caracterização adequada do aquífero, com vistas a prevenir superexploração. O teste do aquífero é caracterizado pela avaliação de variáveis que interferem na dinâmica da água. Desse modo, o estudo teve como objetivo analisar a condutividade hidráulica do solo saturado, a transmissividade, a porosidade efetiva e o raio de influência na região Centro Sul do Ceará, no município de Jucás, em trechos estratégicos do Riacho da Cruz, por meio do monitoramento de poços tubulares rasos que são utilizados para irrigação. Com base nos poços analisados, as variáveis hidrogeológicas apontam que o aquífero aluvial estudado possui potencial para uso agropecuário, tendo em vista a sua capacidade de recuperação, sendo ainda necessária a avaliação da capacidade de suporte.

**PALAVRAS-CHAVE:** aluvião, água subterrânea, potencialidade aquífera.

## HYDROGEOLOGICAL VARIABLES OF AN ALLUVIAL AQUIFER AND POTENTIAL FOR IRRIGATION IN THE SEMI-ARID REGION

**ABSTRACT:** The exploitation of groundwater resources must be carried out based on an adequate characterization of the aquifer, in order to prevent overexploitation. The aquifer test is defined by the evaluation of variables that interfere with the water dynamics. This study aimed to analyze the hydraulic conductivity of the saturated soil, transmissivity, effective porosity and the radius of influence in the South Central region of Ceará, in the municipality of Jucás, in strategic areas of the Riacho da Cruz, through the monitoring of shallow tube wells that are used for irrigation. Based on the wells analyzed, the hydrogeological variables indicate

<sup>1</sup> Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Bloco 804, CEP 60440-554, Fortaleza, CE. Fone: (85) 996225835. Email: amauriufc@gmail.com

<sup>2</sup> PNPd, Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE

<sup>3</sup> Prof. Doutor, Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE

that the alluvial aquifer studied has potential for agricultural use, considering its ability to recover, although it is necessary to evaluate the carrying capacity.

**KEYWORDS:** alluvial, groundwater, aquifer potentiality.

## INTRODUÇÃO

A limitação de recursos hídricos superficiais para irrigação tem ampliado a necessidade de exploração de águas subterrâneas para fins de irrigação no semiárido brasileiro. No entanto, a exploração dessas águas muitas vezes é realizada sem o estudo prévio do aquífero, de modo autônomo, sem considerar variáveis hidrodinâmicas capazes de caracterizar a natureza do meio hidrogeológico. Nesse sentido, os ensaios de bombeamento para o teste do aquífero são procedimentos que objetivam avaliar a disponibilidade hídrica de um aquífero, possibilitando a criação de um plano de exploração (SAHA et al., 2010).

No Estado do Ceará, os aquíferos aluviais são responsáveis pela manutenção de áreas sob exploração agropecuária, principalmente em cenários de escassez hídrica, sendo ainda considerada como uma reserva estratégica e, muitas vezes, não contabilizada no processo de gerenciamento e de planejamento dos recursos hídricos. É válido salientar que, além de ser um recurso amplamente utilizado no Estado, tal fonte hídrica possui diversas vantagens, principalmente por não estar suscetível à evaporação, sendo apta para uso humano, industrial e agrícola (NUNES et al., 2022; MAGALHÃES et al., 2023).

Os aquíferos, de modo geral, podem representar sistemas complexos e heterogêneos, que consistem em desafios para a modelagem e a quantificação sistemática com vistas à gestão sustentável dos recursos hídricos. Os aquíferos aluviais são caracterizados pela anisotropia e heterogeneidade, o que demanda maior atenção quanto à análise de suas variáveis hidrodinâmicas, considerando-se que a depleção das águas subterrâneas devido à superexploração tornou-se uma preocupação global (ALLEY & LEAKE, 2004; WADA et al., 2012; FAMIGLIETTI, 2014; DALIN et al., 2017).

Diante do exposto, objetivou-se analisar a condutividade hidráulica do solo saturado, a transmissividade, a porosidade efetiva e o raio de influência na região Centro Sul do Ceará, no município de Jucás, em trechos estratégicos do Riacho da Cruz, por meio do monitoramento de poços tubulares rasos que são utilizados para irrigação, com vistas a posterior avaliação da capacidade de suporte do aquífero.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na região Centro Sul do Ceará, no município de Jucás – CE, mais precisamente no distrito da Vila Canafístula, inserido sob as coordenadas 450399.42E 9290246.97S.

Para o teste do aquífero, foram analisados cinco poços, sendo utilizadas as seguintes equações para o cálculo da condutividade hidráulica (Equação 1), transmissividade (Equação 2), porosidade efetiva (Equação 3) e raio de influência (Equação 4):

$$K_o = \frac{4000}{\left(\frac{H}{r} + 20\right)\left(2 - \frac{Y}{H}\right)} * \frac{r\Delta Y}{Y\Delta t} \quad (1)$$

Em que,  $K_o$  - condutividade hidráulica do solo saturado ( $m\ d^{-1}$ );  $H$  - profundidade do poço abaixo do nível freático (cm) - coluna de água existente do nível freático ao fundo do poço;  $r$  - raio do poço (cm);  $Y$  - distância entre o nível freático e o ponto médio dos níveis de água no intervalo de tempo  $\Delta t$  (cm);  $\Delta Y$  - intervalo de altura no tempo  $\Delta t$  (cm);  $\Delta t$  - intervalo de tempo entre duas leituras (s).

$$T = K_o * H \quad (2)$$

Em que,  $T$  - transmissividade ( $m^2\ s^{-1}$ );  $K_o$  - condutividade hidráulica do solo saturado ( $m\ s^{-1}$ );  $H$  - profundidade do poço abaixo do nível freático (m) - coluna de água existente do nível freático ao fundo do poço.

$$\eta_e = 0,117 * \sqrt[7]{K_o} * 100 \quad (3)$$

Em que,  $\eta_e$  - porosidade efetiva (%);  $K_o$  - condutividade hidráulica ( $m\ d^{-1}$ ).

$$R = 1,5 * \sqrt{\frac{T * t}{\eta_e}} \quad (4)$$

Em que,  $R$  - raio de influência (m);  $T$  - transmissividade ( $m^2\ s^{-1}$ );  $t$  - tempo de bombeamento (s);  $\eta_e$  - porosidade efetiva (adimensional).

A análise do raio de influência do poço tem como objetivo determinar a distância em que não haverá rebaixamento do nível estático durante o bombeamento, permitindo analisar interferências entre poços, com vistas a prevenir a instalação de novos poços em locais inadequados. Para o estudo, o raio de influência foi calculado para as jornadas de 12 (R12h) e de 24h (R24h).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Teste de aquífero

Os resultados dos testes dos cinco poços avaliados estão contidos na Tabela 1.

**Tabela 1.** Variáveis hidrogeológicas de cinco poços no município de Jucás – CE.

Poço	Ko (cm s <sup>-1</sup> )	T (m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> )	ηe (%)	R <sub>12h</sub> (m)	R <sub>24h</sub> (m)
P1	1,24E-02	1,02E-03	16,42	24,57	34,74
P2	1,65E-02	1,82E-03	17,11	32,13	45,44
P3	8,49E-03	9,89E-04	15,55	24,86	35,16
P4	2,76E-02	1,97E-03	18,41	32,23	45,58
P5	1,79E-02	1,97E-03	17,30	33,30	47,09

\*Condutividade hidráulica (Ko, cm s<sup>-1</sup>), transmissividade (T, m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>), porosidade efetiva (ηe, %) e raio de influência (R – 12 e 24h, m).

### Condutividade hidráulica (Ko)

Os solos aluviais são caracterizados pela anisotropia e heterogeneidade, sendo esperada certa variação nos dados de condutividade hidráulica dos poços, que, para o grupo analisado, foi de  $8,49 \times 10^{-3}$  (P3) a  $2,76 \times 10^{-2}$  cm s<sup>-1</sup> (P4).

A área em estudo, classificada como aluvião, contém areias finas e grosseiras, incluindo cascalhos inconsolidados (IBGE, 2003). A Tabela 2, adaptada de Fetter (2001), correlaciona valores de condutividade hidráulica a materiais não consolidados, que condizem com os determinados na área em estudo.

**Tabela 2.** Intervalos de condutividade hidráulica (Ko) de acordo com o tipo de material.

Material	Condutividade hidráulica (cm s <sup>-1</sup> )
Argila	$10^{-9} - 10^{-6}$
Silte; silte arenoso	$10^{-6} - 10^{-4}$
Areia argilosa	$10^{-6} - 10^{-4}$
Areia siltosa; areia fina	$10^{-5} - 10^{-3}$
Areia bem distribuída	$10^{-3} - 10^{-1}$
Cascalho bem distribuído	$10^{-2} - 10^0$

Fonte: Adaptado de Fetter (2001).

### Transmissividade (T)

A transmissividade variou entre  $9,89 \times 10^{-4}$  (P3) e  $1,97 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup> (P4 e P5). De acordo com Villanueva & Iglesias (1984), esses valores correspondem a uma estimativa de vazão entre baixa ( $3,6$  a  $36$  m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>) e média a alta ( $36$  a  $180$  m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>).

### Porosidade efetiva (ηe)

Os valores de porosidade efetiva em aluviões costumam variar entre 6,7% e 27,8% (CUSTÓDIO & LLAMAS, 1983). Na área em estudo, a porosidade efetiva média foi de 16,96%.

### *Raio de influência (R)*

Para o raio de influência, com base nas jornadas de irrigação de 12 e 24h, foram obtidas, respectivamente, as médias de 29,42 e 41,60 m, no entanto, muitas vezes tal recomendação não é respeitada na região. De acordo com Nunes et al. (2022) e Vasconcelos et al. (2010), com a construção indiscriminada de poços, o raio de influência tende a não ser respeitado, o que interfere na exploração e na potencialidade aquífera, fatores que ameaçam a integridade das águas subterrâneas, impossibilitando a continuidade das atividades agropecuárias.

## CONCLUSÕES

As características hidrodinâmicas do aquífero evidenciam o potencial para exploração, que, apesar da necessidade da avaliação da capacidade de suporte, compõe fonte hídrica relevante e que demanda mecanismos de gestão que permitam a continuidade da exploração.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Programa Cientista-Chefe em Agricultura (Convênio 14/2022 SDE/ADECE/FUNCAP e Processo 08126425/2020/FUNCAP) pela concessão de bolsas de inovação e pelo suporte financeiro para a realização da pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEY, W. M.; LEAKE, S. A. The journey from safe yield to sustainability. **Groundwater**, v. 42, n. 1, p. 12–16, 2004.

CUSTODIO, E.; LLAMAS, M. R. **Hydrología subterránea**. 2. ed. Barcelona: Omega, 1983. 1157 p.

DALIN, C.; WADA, Y.; KASTNER, T.; PUMA, M. J. Groundwater depletion embedded in international food trade. **Nature**, v. 543, n. 7647, p. 700–704, 2017.

FAMIGLIETTI, J. S. The global groundwater crisis. **Nature Climate Change**, v. 4, n. 11, p. 945–948, 2014.

FETTER, C. W. **Applied Hydrogeology**. 4 ed. New Jersey: Prentice-Hall Inc., 2001. 691 p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Hidrogeologia – Iguatu**. 2003.

Disponível em:

<[https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/geologia/levantamento\\_hidrogeologico\\_e\\_hidroquimico/mapas/escala\\_250\\_mil/sb24yb\\_hidrogeologia.pdf](https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/geologia/levantamento_hidrogeologico_e_hidroquimico/mapas/escala_250_mil/sb24yb_hidrogeologia.pdf)>. Acesso em: 1 mar. 2023.

MAGALHÃES, J. W. DE O.; COSTA, R. N. T.; NUNES, K. G.; SILVEIRA, R. N. C. M.; ALBUQUERQUE, J. A. DE. Groundwater resources in an alluvial aquifer in the Northeastern semi-arid region: a case study in the Morada Nova Irrigation Project, CE. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 2, e22212240161, 2023.

NUNES, K. G.; COSTA, R. N. T.; CAVALCANTE, I. N.; GONDIM, R. S.; LIMA, S. C. R. V.; MATEOS, L. Groundwater resources for agricultural purposes in the Brazilian semi-arid region. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, n. 12, p. 915–923, 2022.

SAHA, D.; DHAR, Y. R.; VITTALA, S. S. Delineation of groundwater development potential zones in parts of marginal Ganga Alluvial Plain in South Bihar, Eastern India. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 165, p. 179–191, 2010.

VASCONCELOS, S. M. S.; CORDEIRO, V. F.; MONTEIRO FILHO, C. G.; CAVALCANTE, I. N. Caracterização hidrogeológica da aluvião do Rio Banabuiú, Morada Nova, Ceará, Brasil. **Revista de Geologia**, v. 23, p. 182–190, 2010.

VILLANUEVA, M. M.; IGLESIAS, L. A. **Poços y acuíferos, técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo**. Madrid: Editora Iberguesa, 1984. 425 p.

WADA, Y.; VAN BEEK, L. P. H.; BIERKENS, M. F. P. Nonsustainable groundwater sustaining irrigation: a global assessment. **Water Resources Research**, v. 48, n. 6, 2012.