

# TÉCNICAS DE ESPACIALIZAÇÃO DE PARÂMETROS HIDROGEOLÓGICOS: ESTUDO DE CASO EM AQUÍFEROS SEDIMENTARES NO ESTADO DO PARANÁ

Paula Gabriela Leal Hernandez <sup>1</sup>, Gustavo Barbosa Athayde <sup>1</sup>, Camila de Vasconcelos Müller Athayde <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Pesquisas Hidrogeológicas (LPH). Universidade Federal do Paraná. Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 100. Curitiba (PR). pglhernandez@gmail.com; gustavo.athayde@yahoo.com.br; camilavmuller@ufpr.br

**Palavras-Chave:** interpolação; água subterrânea; aquíferos sedimentares

## INTRODUÇÃO

A água subterrânea está situada nas rochas, consolidadas ou não consolidadas, em praticamente todos os locais abaixo da superfície terrestre e possui significativa importância econômica, social e ambiental

Esse recurso só é observado diretamente em superfície quando o nível freático aflora, sendo necessária a aplicação de técnicas variadas para extrair informações de ocorrências e potencialidades em subsuperfície. Os meios convencionais para extrair informações de subsuperfície envolvem estudos geológicos e hidrogeológicos de campo e métodos geofísicos, no entanto, esses meios nem sempre são capazes de observar os variados fatores que controlam a ocorrência das águas subterrâneas. Com isso, o uso de Sistema de Informações Geográficas (SIG) tem se mostrado eficaz para estudos hidrogeológicos possibilitando a análise espacial e realização de atividades de geoprocessamento, como a interpolação de dados hidrogeológicos.

O objetivo desta pesquisa é avaliar métodos de interpolação em unidades aquíferas sedimentares do estado do Paraná, a fim de estabelecer qual o método de interpolação que melhor se adequa aos dados hidrogeológicos por meio do uso de SIG e análise de variações da estimativa. Os parâmetros hidrogeológicos de dados de poços tubulares profundos utilizados são: capacidade específica, condutividade hidráulica, espessura saturada, profundidade no nível estático, transmissividade e vazão.

Conhecer a distribuição espacial de diferentes parâmetros hidrogeológicos permite estimar áreas potenciais à perfuração de poços tubulares, com produções elevadas em áreas com menor densidade de dados, nos aquíferos aqui estudados.

## UNIDADES AQUÍFERAS

As unidades aquíferas estudadas nessa pesquisa são: Furnas, Itararé, Rio Bonito, Passa Dois, Guarani e Caiuá. As unidades aquíferas Furnas, Itararé, Rio Bonito e Passa Dois estão localizadas na bacia do Paraná no Segundo Planalto Paranaense e compreendem unidades litológicas de arenitos com porções que gradam para porções argilosas, sendo a unidade aquífera Passa Dois constituída majoritariamente por argilitos e siltitos, e apresenta baixa permeabilidade (Milani, 1997). A unidade aquífera Guarani está localizada na bacia do Paraná no Segundo Planalto Paranaense e compreende espessos pacotes de arenitos (Milani, 1997). A unidade aquífera Caiuá está localizada na Bacia Bauru (Fernandes & Coimbra, 1994) no Terceiro Planalto Paranaense e compreende arenitos muito finos a médios.

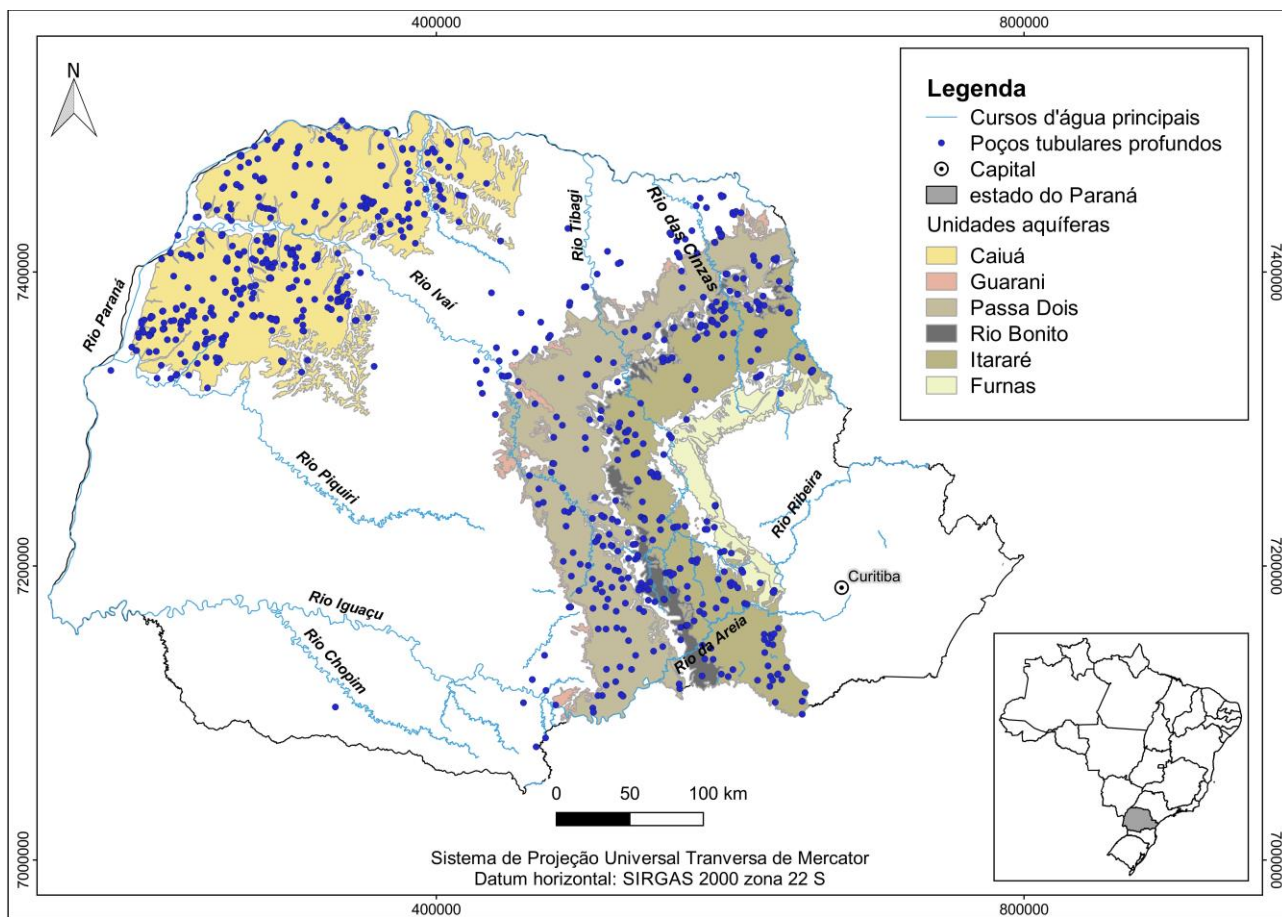


Figura 1. Mapa de localização das unidades aquíferas no estado do Paraná e localização dos poços tubulares profundos (Adaptado de Ministério do Meio Ambiente, 2015).

## MÉTODOS

Para avaliar valores interpolados de dados hidrogeológicos foram comparados três interpoladores: Inverso da Distância Ponderada (IDW), Triangulação (TIN) e *Topo to Raster*. Cada interpolador possui características próprias de interpolação, embora possuam a mesma base para estimar valores (Li & Heap, 2008):

$$Z^*(x_0) = \sum^n \lambda_i z(x_i) \text{ (Equação 1)}$$

Onde  $z^*$  é o valor estimado no ponto de interesse ( $x_0$ ),  $z$  é o valor observado no ponto amostrado ( $x_i$ ),  $\lambda_i$  é o peso atribuído ao ponto amostrado e  $n$  representa o número de amostras usados para a estimativa.

A interpolação IDW é uma das técnicas mais utilizadas para interpolar pontos distribuídos no espaço, uma vez que utiliza uma combinação linear ponderada dos pontos amostrados, já a interpolação TIN é bastante utilizada para modelos digitais de terreno e que possui princípios simples em sua teoria, onde pontos distribuídos no espaço são conectados aos seus vizinhos mais próximos de forma a gerar planos triangulares e mais compactos possíveis (Li & Heap, 2008). A interpolação *Topo to Raster* é um método de interpolação projetado especificamente para a criação de modelos digitais de elevação o qual se ajusta às mudanças abruptas do terreno.

Os parâmetros hidrogeológicos foram interpolados em cada unidade aquífera, em seguida, foi realizada a validação dos valores de cada parâmetro e respectivo pixel de mesma localização. Para analisar a variação de cada método de interpolação foram calculados os resíduos (Equação 2) e a porcentagem da variação entre os valores reais e estimados (Equação 3).

$$r = v' - v \text{ (Equação 2)}$$

$$p = ((v' - v) / v) * 100 \text{ (Equação 3)}$$

Onde: r é o valor do resíduo, v' é o valor estimado, v é o valor real e p é a variação entre os valores reais e estimados em porcentagem.

## RESULTADOS

Os poços tubulares profundos estão distribuídos de forma irregular no estado do Paraná, não possuem uma continuidade lateral e apresentam grandes variações de valores em um curto espaço, possuem valores extremos concentrados em altos valores.

O método de interpolação TIN não interpolou todos os dados disponíveis do banco de dados, além de não interpolar a área total em todas as unidades aquíferas. Os métodos de interpolação IDW e *Topo to Raster* tiveram estimativas parecidas, embora o *Topo to Raster* tenha gerado mais resíduos e com maiores variações. A escolha do método interpolador mais adequado foi baseada primeiramente naquele que gerou menores resíduos entre os valores reais e os valores estimados (Tabela 1).

As variações superiores à 10% entre os valores reais e os estimados foram consideradas estimativas tendenciosas e que comprometem a estimativa. Embora não seja uma regra, valores acima do 3º quartil foram subestimados e abaixo do 1º quartil foram superestimados, e isso foi observado em todos os parâmetros e para todas as unidades aquíferas em todos os interpoladores. Neste trabalho, para representação cartográfica dos resultados obtidos foi escolhido o Aquífero Caiuá, por possuir um número maior de dados de poços tubulares profundos que as demais unidades e aflorar no estado do Paraná em uma área também maior quando comparada as demais unidades estudadas (Figura 2).

**Tabela 1 – Porcentagem de variações menores que 10% entre os valores reais e os valores estimados nos aquíferos sedimentares em cada interpolador.**

Interpolador	Aquífero	Capacidade específica (m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ).m <sup>-1</sup>	Condutividade hidráulica (m.s <sup>-1</sup> )	Espessura saturada (m)	Nível estático (m)	Transmissividade (m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> )	Vazão (m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> )
Inverso da distância ponderada (IDW)	Furnas	88,9%	72,7%	88,9%	86,1%	81,8%	83,3%
	Itararé	92,9%	93,3%	92,8%	90,5%	92,0%	91,1%
	Rio Bonito	96,7%	100,0%	98,4%	100,0%	100,0%	98,4%
	Passa Dois	90,4%	94,9%	91,6%	91,6%	94,9%	91,5%
	Guarani	92,5%	92,5%	100,0%	95,0%	92,5%	93,8%
	Caiuá	93,6%	100,0%	93,2%	96,0%	100,0%	93,1%
Triangulação (TIN)	Furnas	63,0%	61,5%	85,2%	85,2%	76,9%	55,6%
	Itararé	58,9%	58,7%	77,6%	62,0%	60,3%	64,6%
	Rio Bonito	80,4%	65,9%	89,3%	73,2%	61,0%	82,1%
	Passa Dois	73,9%	75,3%	93,3%	84,3%	74,0%	86,4%
	Guarani	77,0%	77,8%	91,7%	81,1%	74,3%	81,1%
	Caiuá	84,8%	88,9%	90,8%	89,1%	88,9%	84,8%
Topo to raster	Furnas	72,2%	9,1%	88,9%	69,4%	18,2%	75,0%
	Itararé	80,5%	5,3%	86,2%	87,0%	4,0%	86,4%
	Rio Bonito	83,6%	6,5%	91,8%	95,1%	4,3%	88,5%
	Passa Dois	59,6%	1,3%	90,5%	89,5%	1,3%	87,2%
	Guarani	83,8%	2,5%	95,0%	88,8%	7,5%	87,5%
	Caiuá	87,4%	0,0%	89,2%	89,6%	0,0%	86,4%

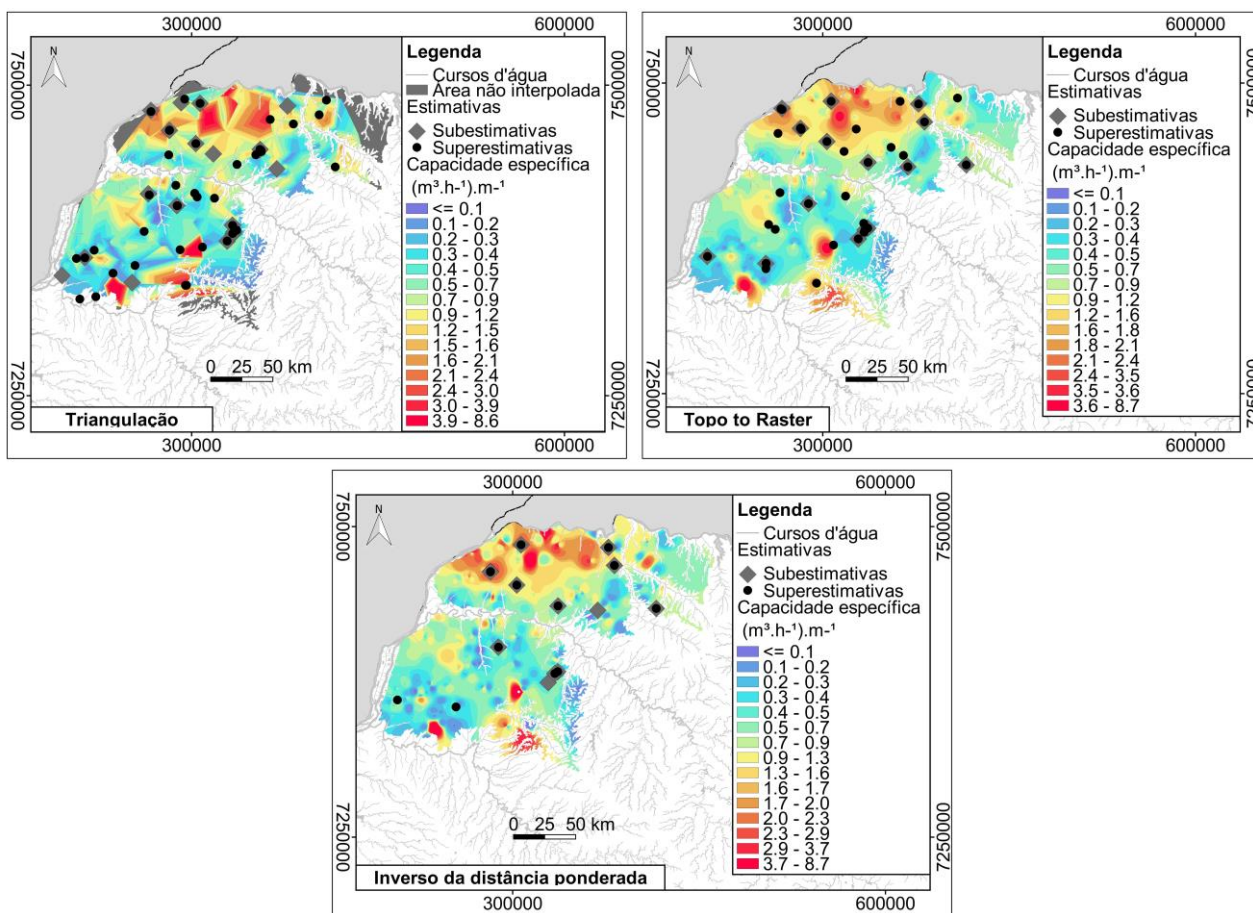


Figura 2 - Mapas gerados pelos interpoladores Inverso da distância ponderada, Triangulação e *Topo to Raster* e a localização dos poços com variações superiores à 10% entre os valores reais e os valores estimados para a variável capacidade específica (Autor, 2018).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos resultados obtidos pelos interpoladores IDW, TIN e *Topo to Raster*, pode-se constatar que o IDW é o método mais adequado para interpolação de dados hidrogeológicos nas unidades aquíferas sedimentares no estado do Paraná.

Com a análise realizada neste estudo foi possível observar que há uma relação entre altos valores e subestimativas e baixos valores e superestimativas, bem como conhecer as áreas onde ocorreram as maiores variações. Quando as subestimativas ocorrem em áreas de altos valores há um otimismo em encontrar regiões de produtividade mais alta que o esperado, porém, as superestimativas camuflam baixos valores e podem definir regiões não tão produtivas. Assim, a escolha adequada do método interpolador ao banco de dados é uma importante etapa para diminuir incertezas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Fernandes, L.A. & Coimbra, A.M. O Grupo Caiuá (Ks): revisão estratigráfica e contexto deposicional. *Revista Brasileira de Geociências.*, vol.24, n.4. p.164-176. 1994
- Li, J. & Heap, A.D. A Review of Spatial Interpolation Methods for Environmental Scientists. *Geoscience Australia, Record 2008/23*, p. 137. 2008.
- Milani, E. J. Evolução tectono-estratigráfica da bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozoica do Gondwana sul – ocidental, vol. 1, p.277. 1997.
- Ministério do Meio Ambiente. Carta das águas subterrâneas do Paraná: resumo executivo. MMA, Rio de Janeiro, p.175. 2015.