XX CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS
XXI ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS
06 a 08 de Novembro de 2018 | Campinas - SP

Fenágua 2018
FEIRA NACIONAL DA ÁGUA

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

Paula Gabriela Leal Hernandez
Gustavo Barbosa Athayde, Camila de Vasconcelos Müller Athayde
Universidade Federal do Paraná

ESTRUTURA DA APRESENTAÇÃO

- **INTRODUÇÃO**
- **LOCALIZAÇÃO**
- **MATERIAL E MÉTODOS**
- **RESULTADOS**
- **CONSIDERAÇÕES FINAIS**
- **PESQUISA**

INTRODUÇÃO

XX CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS
XXI ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS
06 a 08 de Novembro de 2018 | Campinas - SP

Fenágua 2018
FEIRA NACIONAL DA ÁGUA

“Diminuir a incerteza ao se interpolar dados hidrogeológicos e também se conhecer as regiões superestimadas ou subestimadas”

Distribuição espacial de dados hidrogeológicos

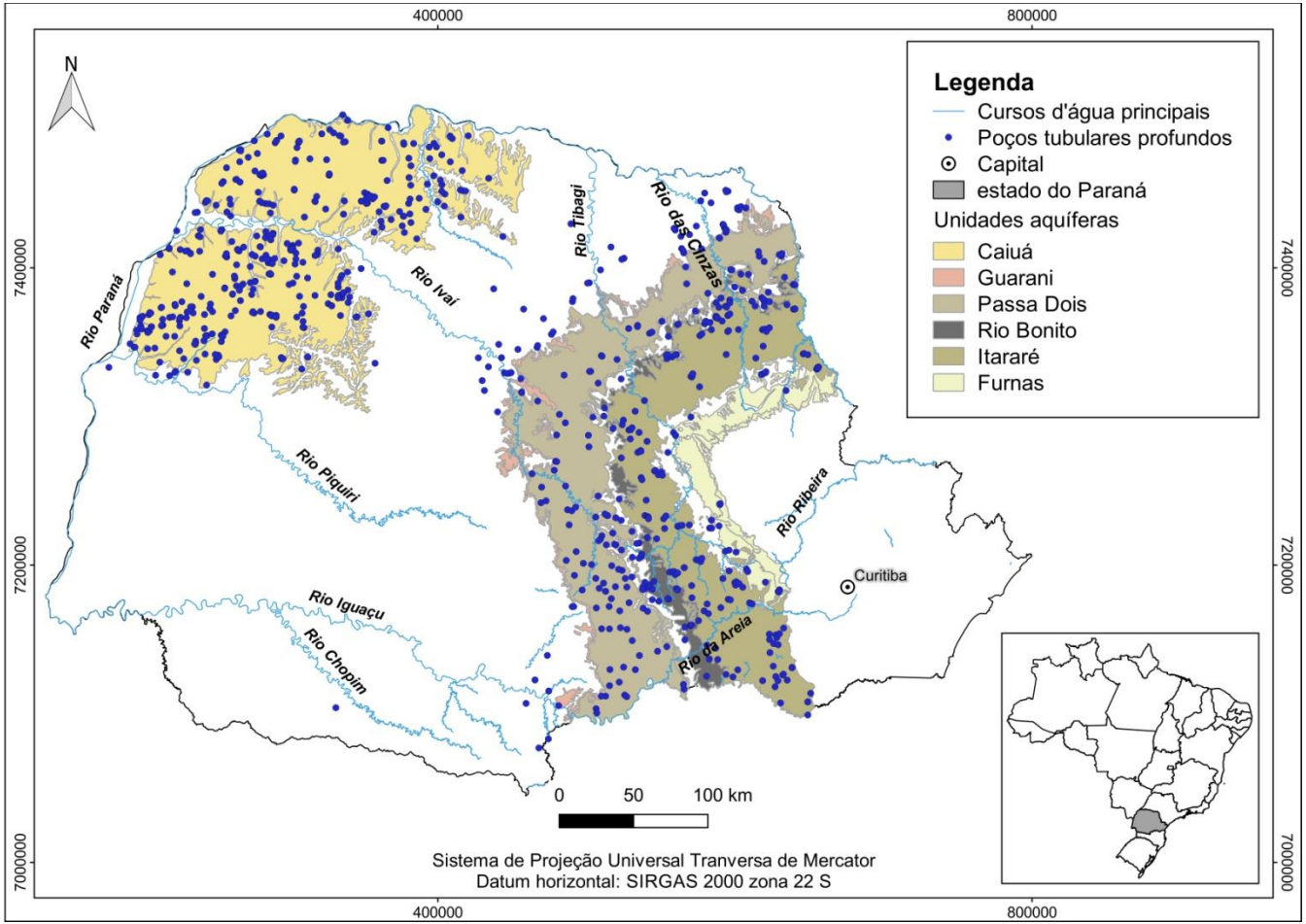
↓

Estimar áreas não amostradas

↓

Diminuir o risco exploratório em regiões com menor densidade de informações

LOCALIZAÇÃO



MATERIAL E MÉTODOS

Unidade aquífera	Número de poços tubulares profundos
Furnas	36
Itararé	169
Rio Bonito	61
Passa Dois	95
Guarani	80
Caiuá	404
Total	845

Capacidade específica, condutividade hidráulica, espessura saturada, nível estático, transmissividade e vazão.

MATERIAL E MÉTODOS

Interpoladores:
Inverso da distância ponderada
Triangulação
Topo to Raster

Cálculo do resíduo

$$R = V' - V$$

Cálculo da porcentagem da variação

$$P = (R / V) * 100$$

Estimativas tendenciosas: variações maiores que 10%

Onde:
R é o valor do resíduo
V' é o valor estimado
V é o valor real
P é a variação entre os valores reais e estimados em porcentagem.

RESULTADOS

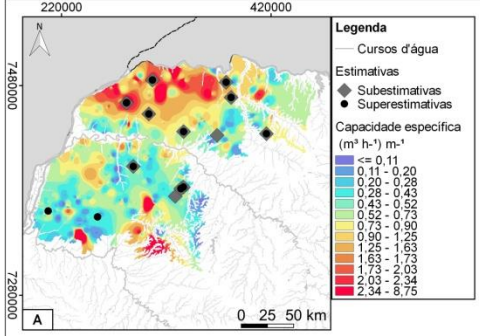
Capacidade específica

Aquíferos	IDW	TIN	Topo to Raster	Número de poços
Furnas	11,1%	37%	27,8%	36
Itararé	7,1%	41,1%	19,5%	169
Rio Bonito	3,3%	19,6%	16,4%	61
Passa Dois	9,6%	26,1%	40,4%	95
Guarani	7,5%	23,0%	16,3%	80
Caiuá	**6,4%**	**15,2%**	**12,6%**	**404**

CAIUÁ

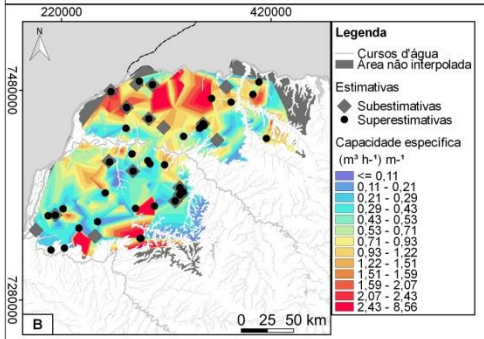
Superestimativas ocorreram com maior frequência quando utilizado o TIN e o Topo to Raster (64% e 71%). Utilizando o IDW tanto super como sub foram iguais.

IDW



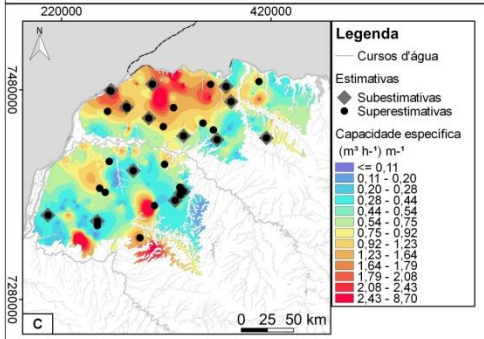
IDW	qs	qs*	VP**
Dados	404	404	404
Média	0,79	0,80	3,06%
Mínimo	0,02	0,02	0,00%
Percentil 5°	0,11	0,11	0,73%
Percentil 15°	0,20	0,20	0,00%
Percentil 25°	0,28	0,28	0,74%
Percentil 40°	0,42	0,43	0,92%
Percentil 50°	0,52	0,52	0,26%
Percentil 65°	0,73	0,73	0,35%
Percentil 75°	0,92	0,90	-1,65%
Percentil 85°	1,26	1,25	-0,32%
Percentil 90°	1,59	1,63	2,72%
Percentil 91°	1,66	1,73	4,16%
Percentil 93°	2,14	2,03	-5,40%
Percentil 95°	2,42	2,34	-3,03%
Máximo	8,75	8,75	0,00%

TIN



TIN	qs	qs*	VP**
Dados	404	395	395
Média	0,79	0,79	5,57%
Mínimo	0,02	0,03	27,71%
Percentil 5°	0,11	0,11	5,49%
Percentil 15°	0,20	0,21	7,86%
Percentil 25°	0,28	0,29	3,12%
Percentil 40°	0,42	0,43	2,48%
Percentil 50°	0,52	0,53	1,18%
Percentil 65°	0,73	0,71	-2,95%
Percentil 75°	0,92	0,93	0,88%
Percentil 85°	1,26	1,22	-3,18%
Percentil 90°	1,59	1,51	-4,55%
Percentil 91°	1,66	1,59	-4,42%
Percentil 93°	2,14	2,07	-3,25%
Percentil 95°	2,42	2,43	0,51%
Máximo	8,75	8,56	-2,18%

Topo to Raster



Topo to Raster	qs	qs*	VP**
Dados	404	404	404
Média	0,79	0,80	4,81%
Mínimo	0,02	0,02	10,32%
Percentil 5°	0,11	0,11	5,26%
Percentil 15°	0,20	0,20	2,28%
Percentil 25°	0,28	0,28	1,16%
Percentil 40°	0,42	0,44	2,83%
Percentil 50°	0,52	0,54	3,78%
Percentil 65°	0,73	0,75	2,42%
Percentil 75°	0,92	0,92	-0,43%
Percentil 85°	1,26	1,23	-1,99%
Percentil 90°	1,59	1,64	3,55%
Percentil 91°	1,66	1,79	7,92%
Percentil 93°	2,14	2,08	-2,78%
Percentil 95°	2,42	2,43	0,71%
Máximo	8,75	8,70	-0,57%

* Valor estimado ** Variação Percentual
qs = capacidade específica

RESULTADOS

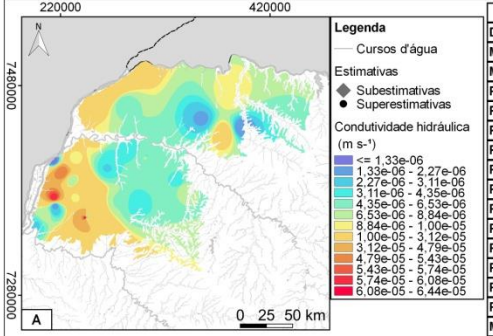
Condutividade hidráulica

Aquíferos	IDW	TIN	Topo to Raster	Número de poços
Furnas	27,3%	38,5%	90,9%	22
Itararé	6,7%	41,3%	94,7%	75
Rio Bonito	0,0%	34,1%	93,5%	46
Passa Dois	5,1%	24,7%	98,7%	78
Guarani	7,5%	23,0%	97,5%	40
Caiuá	**0,0%**	**11,1%**	**96,9%**	**32**

CAIUÁ

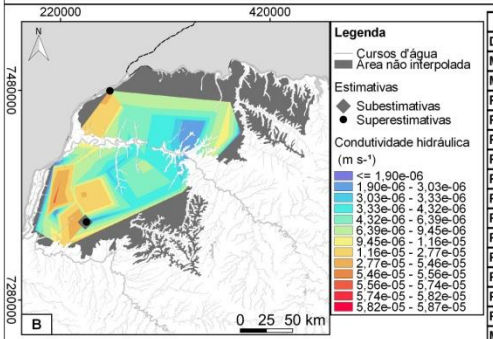
Superestimativas ocorreram com maior frequência quando utilizado o TIN (67%). Subestimativas ocorreram com maior frequência utilizando o Topo to Raster (97%).

IDW



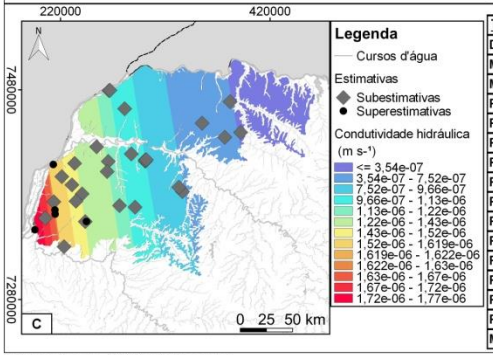
IDW	K	K*	VP**
Dados	32	32	32
Média	1,24E-05	1,24E-05	0,00%
Mínimo	8,71E-07	8,71E-07	0,00%
Percentil 5°	1,33E-06	1,33E-06	0,00%
Percentil 15°	2,27E-06	2,27E-06	0,00%
Percentil 25°	3,11E-06	3,11E-06	0,00%
Percentil 40°	4,35E-06	4,35E-06	0,00%
Percentil 50°	6,53E-06	6,53E-06	0,00%
Percentil 65°	8,84E-06	8,84E-06	0,06%
Percentil 75°	1,00E-05	1,00E-05	0,00%
Percentil 85°	3,12E-05	3,12E-05	0,00%
Percentil 90°	4,79E-05	4,79E-05	0,00%
Percentil 91°	5,43E-05	5,43E-05	0,00%
Percentil 93°	5,74E-05	5,74E-05	0,00%
Percentil 95°	6,08E-05	6,08E-05	0,00%
Máximo	6,44E-05	6,44E-05	0,00%

TIN



TIN	K	K*	VP**
Dados	32	27	27
Média	1,24E-05	1,26E-05	2,73%
Mínimo	8,71E-07	1,68E-06	92,85%
Percentil 5°	1,33E-06	1,90E-06	42,71%
Percentil 15°	2,27E-06	3,03E-06	33,62%
Percentil 25°	3,11E-06	3,33E-06	6,95%
Percentil 40°	4,35E-06	4,32E-06	-0,64%
Percentil 50°	6,53E-06	6,39E-06	-2,06%
Percentil 65°	8,84E-06	9,45E-06	6,99%
Percentil 75°	1,00E-05	1,16E-05	15,93%
Percentil 85°	3,12E-05	2,77E-05	-11,22%
Percentil 90°	4,79E-05	5,46E-05	14,07%
Percentil 91°	5,43E-05	5,56E-05	2,28%
Percentil 93°	5,74E-05	5,74E-05	0,01%
Percentil 95°	6,08E-05	5,82E-05	-4,39%
Máximo	6,44E-05	5,87E-05	-8,92%

Topo to Raster



Topo to Raster	K	K*	VP**
Dados	32	32	32
Média	1,24E-05	1,19E-06	-71,46%
Mínimo	8,71E-07	3,36E-07	-61,47%
Percentil 5°	1,33E-06	3,54E-07	-73,40%
Percentil 15°	2,27E-06	7,52E-07	-66,81%
Percentil 25°	3,11E-06	9,66E-07	-68,94%
Percentil 40°	4,35E-06	1,13E-06	-74,05%
Percentil 50°	6,53E-06	1,22E-06	-81,30%
Percentil 65°	8,84E-06	1,43E-06	-83,80%
Percentil 75°	1,00E-05	1,52E-06	-84,75%
Percentil 85°	3,12E-05	1,619E-06	-94,81%
Percentil 90°	4,79E-05	1,622E-06	-96,61%
Percentil 91°	5,43E-05	1,63E-06	-97,01%
Percentil 93°	5,74E-05	1,67E-06	-97,09%
Percentil 95°	6,08E-05	1,72E-06	-97,17%
Máximo	6,44E-05	1,77E-06	-97,24%

* Valor estimado ** Variação Percentual
K = condutividade hidráulica

RESULTADOS

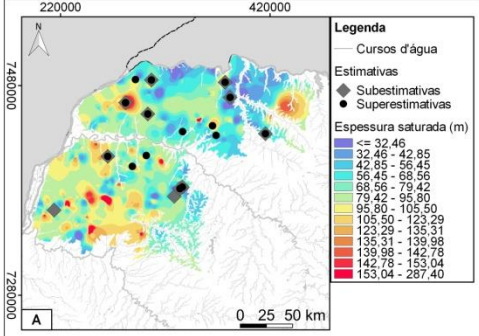
Espessura saturada

Aquíferos	IDW	TIN	Topo to Raster	Número de poços
Furnas	11,1%	14,8%	11,1%	36
Itararé	7,2%	22,4%	13,8%	169
Rio Bonito	1,6%	10,7%	8,2%	61
Passa Dois	8,4%	6,7%	9,5%	95
Guarani	0,0%	8,3%	5,0%	80
Caiuá	**6,8%**	**9,2%**	**10,8%**	**404**

CAIUÁ

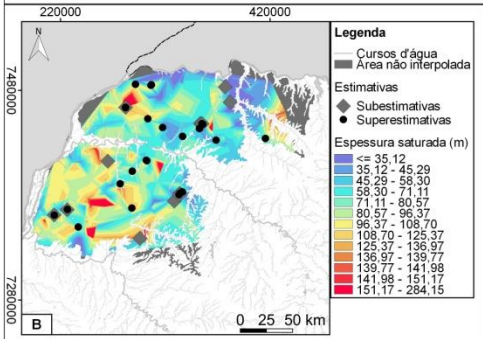
Superestimativas ocorreram com maior frequência em todos os interpoladores (60%, 67%, 53%).

IDW



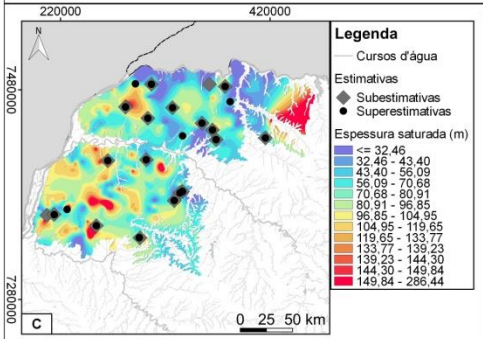
IDW	b	b*	VP**
Dados	399	399	399
Média	84,35	84,37	0,60%
Mínimo	16,38	16,48	0,61%
Percentil 5°	32,46	32,46	0,00%
Percentil 15°	42,20	42,85	1,53%
Percentil 25°	55,10	56,45	2,45%
Percentil 40°	69,10	68,56	-0,79%
Percentil 50°	79,28	79,42	0,18%
Percentil 65°	95,60	95,80	0,21%
Percentil 75°	107,35	105,50	-1,72%
Percentil 85°	122,09	123,29	0,98%
Percentil 90°	133,58	135,31	1,29%
Percentil 91°	137,24	139,98	2,00%
Percentil 93°	141,52	142,78	0,89%
Percentil 95°	148,47	153,04	3,08%
Máximo	287,40	287,40	0,00%

TIN



TIN	b	b*	VP**
Dados	399	390	390
Média	84,35	85,87	2,03%
Mínimo	16,38	16,90	3,16%
Percentil 5°	32,46	35,12	8,18%
Percentil 15°	42,20	45,29	7,32%
Percentil 25°	55,10	58,30	5,80%
Percentil 40°	69,10	71,11	2,91%
Percentil 50°	79,28	80,57	1,63%
Percentil 65°	95,60	96,37	0,80%
Percentil 75°	107,35	108,70	1,26%
Percentil 85°	122,09	125,37	2,69%
Percentil 90°	133,58	136,97	2,54%
Percentil 91°	137,24	139,77	1,84%
Percentil 93°	141,52	141,98	0,33%
Percentil 95°	148,47	151,17	1,82%
Máximo	287,40	284,15	-1,13%

Topo to Raster



Topo to Raster	b	b*	VP**
Dados	399	399	399
Média	84,35	84,13	0,78%
Mínimo	16,38	16,48	0,61%
Percentil 5°	32,46	32,46	0,00%
Percentil 15°	42,20	43,40	2,84%
Percentil 25°	55,10	56,09	1,81%
Percentil 40°	69,10	70,68	2,29%
Percentil 50°	79,28	80,91	2,05%
Percentil 65°	95,60	96,85	1,31%
Percentil 75°	107,35	104,95	-2,24%
Percentil 85°	122,09	119,65	-2,00%
Percentil 90°	133,58	133,77	0,15%
Percentil 91°	137,24	139,23	1,45%
Percentil 93°	141,52	144,30	1,96%
Percentil 95°	148,47	149,84	0,92%
Máximo	287,40	286,44	-0,33%

* Valor estimado ** Variação Percentual
b = espessura saturada

RESULTADOS

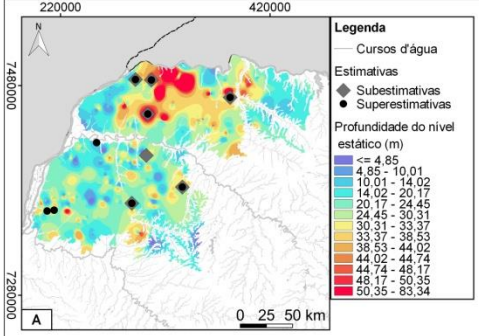
Nível estático

Aquíferos	IDW	TIN	Topo to Raster	Número de poços
Furnas	13,9%	14,8%	30,6%	36
Itararé	9,5%	38,0%	13,0%	169
Rio Bonito	4,9%	26,8%	4,9%	61
Passa Dois	8,4%	15,7%	10,5%	95
Guarani	5,0%	18,9%	11,3%	80
Caiuá	**4,0%**	**10,9%**	**10,4%**	**404**

CAIUÁ

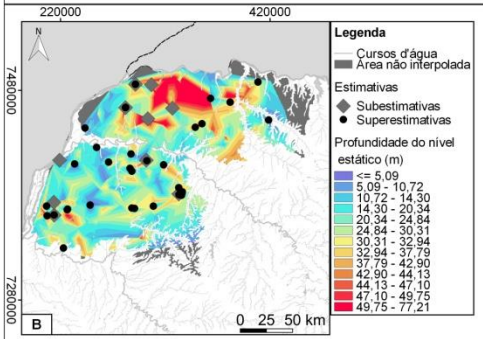
Superestimativas ocorreram com maior frequência em todos os interpoladores (56%, 77%, 71%).

IDW



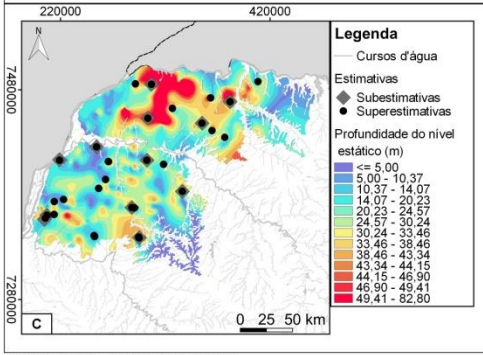
IDW	NE	NE*	VP**
Dados	404	404	404
Média	25,20	25,24	0,81%
Mínimo	0,75	0,75	0,05%
Percentil 5°	5,00	4,85	-3,00%
Percentil 15°	10,06	10,01	-0,53%
Percentil 25°	14,03	14,02	0,00%
Percentil 40°	20,00	20,17	0,85%
Percentil 50°	24,00	24,45	1,88%
Percentil 65°	29,95	30,31	1,21%
Percentil 75°	33,25	33,37	0,35%
Percentil 85°	38,17	38,53	0,94%
Percentil 90°	43,78	44,02	0,57%
Percentil 91°	44,44	44,74	0,67%
Percentil 93°	47,52	48,17	1,37%
Percentil 95°	51,10	50,35	-1,46%
Máximo	83,35	83,34	-0,02%

TIN



TIN	NE	NE*	VP**
Dados	404	395	395
Média	25,20	25,38	2,68%
Mínimo	0,75	1,21	61,52%
Percentil 5°	5,00	5,09	1,86%
Percentil 15°	10,06	10,72	6,61%
Percentil 25°	14,03	14,30	1,94%
Percentil 40°	20,00	20,34	1,72%
Percentil 50°	24,00	24,84	3,50%
Percentil 65°	29,95	30,31	1,20%
Percentil 75°	33,25	32,94	-0,95%
Percentil 85°	38,17	37,79	-1,00%
Percentil 90°	43,78	42,90	-1,99%
Percentil 91°	44,44	44,13	-0,70%
Percentil 93°	47,52	47,10	-0,89%
Percentil 95°	51,10	49,75	-2,63%
Máximo	83,35	77,21	-7,36%

Topo to Raster



Topo to Raster	NE	NE*	VP**
Dados	404	404	404
Média	25,20	25,23	1,82%
Mínimo	0,75	0,82	8,79%
Percentil 5°	5,00	5,00	0,00%
Percentil 15°	10,06	10,37	3,11%
Percentil 25°	14,03	14,07	0,30%
Percentil 40°	20,00	20,23	1,16%
Percentil 50°	24,00	24,57	2,38%
Percentil 65°	29,95	30,24	0,96%
Percentil 75°	33,25	33,46	0,61%
Percentil 85°	38,17	38,46	0,76%
Percentil 90°	43,78	43,34	-0,98%
Percentil 91°	44,44	44,15	-0,65%
Percentil 93°	47,52	46,90	-1,30%
Percentil 95°	51,10	49,41	-3,30%
Máximo	83,35	82,80	-0,66%

* Valor estimado ** Variação Percentual
NE = nível estático

RESULTADOS

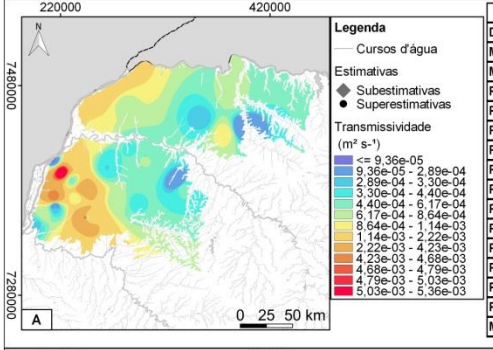
Transmissividade

Aquíferos	IDW	TIN	Topo to Raster	Número de poços
Furnas	18,2%	23,1%	81,8%	22
Itararé	8,0%	39,7%	96,0%	75
Rio Bonito	0,0%	39,0%	93,5%	46
Passa Dois	5,1%	26,0%	98,7%	78
Guarani	7,5%	25,7%	92,5%	40
Caiuá	**0,0%**	**11,1%**	**100,0%**	**32**

CAIUÁ

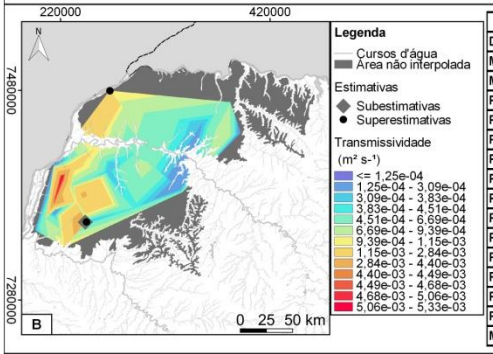
Superestimativas ocorreram com maior frequência quando utilizado o TIN (67%). Subestimativas ocorreram com maior frequência utilizando o Topo to Raster (94%).

IDW



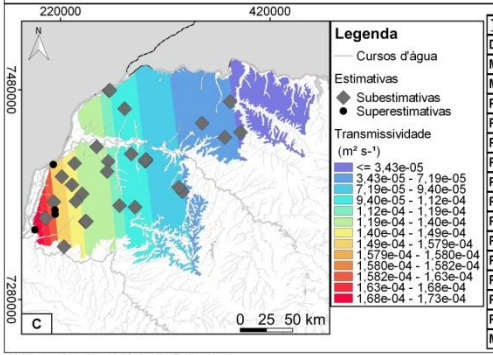
IDW	T	T*	VP**
Dados	32	32	32
Média	1,12E-03	1,12E-03	0,00%
Mínimo	8,64E-05	8,64E-05	0,00%
Percentil 5°	9,36E-05	9,36E-05	0,00%
Percentil 15°	2,89E-04	2,89E-04	0,00%
Percentil 25°	3,30E-04	3,30E-04	0,00%
Percentil 40°	4,40E-04	4,40E-04	0,00%
Percentil 50°	6,17E-04	6,17E-04	0,00%
Percentil 65°	8,64E-04	8,64E-04	0,00%
Percentil 75°	1,14E-03	1,14E-03	0,03%
Percentil 85°	2,22E-03	2,22E-03	0,00%
Percentil 90°	4,23E-03	4,23E-03	0,00%
Percentil 91°	4,68E-03	4,68E-03	0,00%
Percentil 93°	4,79E-03	4,79E-03	0,00%
Percentil 95°	5,03E-03	5,03E-03	0,00%
Máximo	5,36E-03	5,36E-03	0,00%

TIN



TIN	T	T*	VP**
Dados	32	27	27
Média	1,12E-03	1,19E-03	1,49%
Mínimo	8,64E-05	1,04E-04	20,00%
Percentil 5°	9,36E-05	1,25E-04	33,28%
Percentil 15°	2,89E-04	3,09E-04	7,06%
Percentil 25°	3,30E-04	3,83E-04	16,04%
Percentil 40°	4,40E-04	4,51E-04	2,50%
Percentil 50°	6,17E-04	6,69E-04	8,49%
Percentil 65°	8,64E-04	9,39E-04	8,64%
Percentil 75°	1,14E-03	1,15E-03	0,83%
Percentil 85°	2,22E-03	2,84E-03	28,19%
Percentil 90°	4,23E-03	4,40E-03	4,05%
Percentil 91°	4,68E-03	4,49E-03	-3,98%
Percentil 93°	4,79E-03	4,68E-03	-2,41%
Percentil 95°	5,03E-03	5,06E-03	0,64%
Máximo	5,36E-03	5,33E-03	-0,50%

Topo to Raster



Topo to Raster	T	T*	VP**
Dados	32	32	32
Média	1,12E-03	1,16E-04	-70,86%
Mínimo	8,64E-05	3,19E-05	-63,10%
Percentil 5°	9,36E-05	3,43E-05	-63,36%
Percentil 15°	2,89E-04	7,19E-05	-75,12%
Percentil 25°	3,30E-04	9,40E-05	-71,53%
Percentil 40°	4,40E-04	1,12E-04	-74,52%
Percentil 50°	6,17E-04	1,19E-04	-80,68%
Percentil 65°	8,64E-04	1,40E-04	-83,85%
Percentil 75°	1,14E-03	1,49E-04	-86,93%
Percentil 85°	2,22E-03	1,579E-04	-92,88%
Percentil 90°	4,23E-03	1,580E-04	-96,27%
Percentil 91°	4,68E-03	1,582E-04	-96,62%
Percentil 93°	4,79E-03	1,63E-04	-96,60%
Percentil 95°	5,03E-03	1,68E-04	-96,67%
Máximo	5,36E-03	1,73E-04	-96,78%

* Valor estimado ** Variação Percentual
T = transmissividade

RESULTADOS

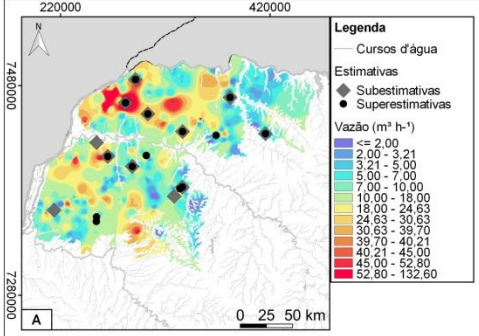
Vazão

Aquíferos	IDW	TIN	Topo to Raster	Número de poços
Furnas	16,7%	44,4%	25,0%	36
Itararé	8,9%	35,4%	13,6%	169
Rio Bonito	1,6%	17,9%	11,5%	61
Passa Dois	8,5%	13,6%	12,8%	95
Guarani	6,3%	18,9%	12,5%	80
Caiuá	**6,9%**	**15,2%**	**13,6%**	**404**

CAIUÁ

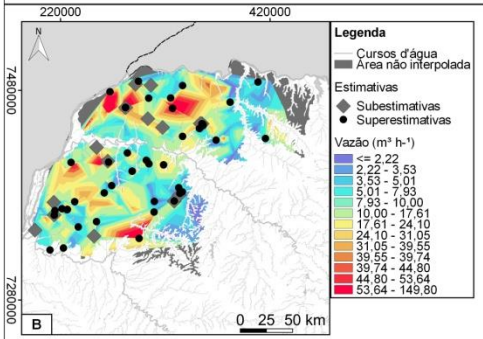
Superestimativas ocorreram com maior frequência em todos os interpoladores (54%, 75%, 62%).

IDW



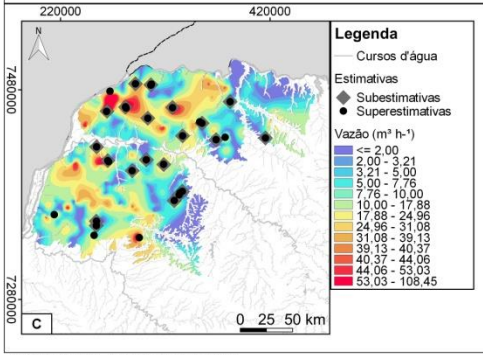
IDW	Q	Q*	VP**
Dados	404	404	404
Média	16,98	17,03	1,28%
Mínimo	0,22	0,22	0,00%
Percentil 5°	2,00	2,00	0,00%
Percentil 15°	3,08	3,21	4,47%
Percentil 25°	5,00	5,00	0,00%
Percentil 40°	7,20	7,00	-2,74%
Percentil 50°	10,00	10,00	0,00%
Percentil 65°	17,00	18,00	5,88%
Percentil 75°	24,00	24,63	2,63%
Percentil 85°	31,63	30,63	-3,15%
Percentil 90°	39,60	39,70	0,25%
Percentil 91°	40,00	40,21	0,53%
Percentil 93°	45,00	45,00	0,01%
Percentil 95°	52,15	52,80	1,24%
Máximo	160,00	132,60	-17,13%

TIN



TIN	Q	Q*	VP**
Dados	404	395	395
Média	16,98	17,25	5,14%
Mínimo	0,22	0,25	11,69%
Percentil 5°	2,00	2,22	10,96%
Percentil 15°	3,08	3,53	14,67%
Percentil 25°	5,00	5,01	0,14%
Percentil 40°	7,20	7,93	10,16%
Percentil 50°	10,00	10,00	-0,04%
Percentil 65°	17,00	17,61	3,58%
Percentil 75°	24,00	24,10	0,40%
Percentil 85°	31,63	31,05	-1,81%
Percentil 90°	39,60	39,55	-0,13%
Percentil 91°	40,00	39,74	-0,65%
Percentil 93°	45,00	44,80	-0,45%
Percentil 95°	52,15	53,64	2,86%
Máximo	160,00	149,80	-6,38%

Topo to Raster



Topo to Raster	Q	Q*	VP**
Dados	404	404	404
Média	16,98	17,17	2,88%
Mínimo	0,22	0,22	0,00%
Percentil 5°	2,00	2,00	0,01%
Percentil 15°	3,08	3,21	4,55%
Percentil 25°	5,00	5,00	0,00%
Percentil 40°	7,20	7,76	7,78%
Percentil 50°	10,00	10,00	0,01%
Percentil 65°	17,00	17,88	5,17%
Percentil 75°	24,00	24,96	4,00%
Percentil 85°	31,63	31,08	-1,71%
Percentil 90°	39,60	39,13	-1,19%
Percentil 91°	40,00	40,37	0,92%
Percentil 93°	45,00	44,06	-2,09%
Percentil 95°	52,15	53,03	1,68%
Máximo	160,00	108,45	-32,22%

* Valor estimado ** Variação Percentual
Q = vazão

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Relação entre altos valores e subestimativas e baixos valores e superestimativas.

Conhecer as áreas onde ocorreram as maiores variações.

Vantagem – regiões subestimatidas

Desvantagem – regiões superestimadas

Escolha do método ajuda a diminuir incertezas.

PESQUISA

“Definição de áreas potenciais à captação de água subterrânea em aquíferos sedimentares no estado do Paraná”

Objetivo: Utilizar dados hidrogeológicos de poços tubulares profundos para definir áreas favoráveis à captação de água, de modo que a subjetividade diminui utilizando parâmetros que indicam diretamente a produtividade e qualidade.

AGRADECIMENTOS

XX CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS
XXI ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS
06 a 08 de Novembro de 2018 | Campinas - SP

Fenágua 2018
FEIRA NACIONAL DA ÁGUA

Obrigada!

pglhernandez@gmail.com

CAPES

LPH
Laboratório de Pesquisas Hidrogeológicas

PÓS-GRADUAÇÃO
GEOLOGIA - UFPR

UFPR
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ