

EXPLOTAÇÃO DO AQÜÍFERO CABEÇAS PARA IRRIGAÇÃO NO VALE DO RIO GURGUÉIA – PI

W.D.Costa¹

F.A.C.Feitosa²

W.D.Costa Filho³

- 1 Professor Titular do Centro de Tecnologia/LABHID/UFPE
- 2 Geólogo do LABHID (Laboratório de Hidrogeologia) – C.T./UFPE
- 3 Estudante do Curso de Geologia da UFPE, estagiário do LABHID

RESUMO

O trabalho desenvolvido pela equipe técnica do LABHID-CT/UFPE no vale do Rio Gurguéia nos últimos três anos teve por objetivo, além de acompanhar tecnicamente a perfuração de poços nas várias baterias locadas pela referida equipe, dimensionar corretamente essas baterias e suas respectivas descargas.

1. INTRODUÇÃO

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

O Rio Gurguéia localiza-se ao sul do Estado do Piauí, limitado pelas coordenadas geográficas de 43°00' a 45°30' Long.W.Gr., e 06°45' a 10°45' Lat. Sul, constituindo-se um dos principais tributários do Rio Parnaíba, onde desagua a jusante da Barragem de Boa Esperança, no município de Floriano.

Na bacia do Rio Gurguéia, foi estudada mais detalhadamente uma área do seu médio curso, compreendida entre Eliseu Martins e Cristino Castro (Fig. 1), porém, para caracterização do aquífero Cabeças, será considerada uma área bem maior (Fig. 2).

OBJETIVO DO ESTUDO

O vale do Rio Gurguéia vem sendo objeto de estudo desde 1973, quando a COTEP executou para o DNOCS os Estudos de Reconhecimento do Vale do Gurguéia, seguido do Plano Diretor do mesmo vale, realizado pela SIRAC/SCET INTERNATIONAL, igualmente para o DNOCS, em 1976.

O Plano Diretor do Vale do Gurguéia concluiu pela viabilidade de exploração do aquífero Cabeças para irrigação de uma área em torno de 30.000 ha, em solos pré-selecionados nas encostas do vale.

A partir de 1986 o DNOCS contratou a CPRM para efetuar a perfuração dos poços e a ATEPE/LABHID (Centro de Tecnologia da UFPE) para efetuar as locações dos poços, acompanhar as perfurações e estudar as interferências múltiplas dos poços, dimensionando as suas vazões de exploração.

2. FISIOGRAFIA

CLIMA

Nas proximidades do vale do rio Gurguéia, a pluviometria é caracterizada por índices pluviométricos que variam de 700mm a 950mm, tendo, em média, mais de 90% das chuvas se precipitando no período que vai de outubro a abril; fevereiro e março são os meses mais chuvosos, apresentando o valor mínimo de insolação, enquanto que julho e agosto são os meses de menor precipitação e de maior insolação. As temperaturas médias mantêm-se elevadas durante todo o ano, sendo a amplitude térmica relativamente pequena, não chegando a 5°C a diferença entre o mês mais quente e o mês mais frio.

O clima é do tipo tropical quente e úmido com chuvas de verão, sendo classificado como o tipo Aw, na classificação climática de Köeppen.

GEOMORFOLOGIA

O vale do Rio Gurguéia corta no seu alto curso, a formação basal da bacia sedimentar do Parnaíba, denominada de Serra Grande, de idade Siluriano, atravessa uma estreita faixa das formações devonianas Picos e Cabeças ainda no alto curso e percorre todo o médio curso na Formação Longá, ainda do Devoniano. O baixo curso é representado pelas formações carboníferas Poti e Piauí.

Morfologicamente o vale é assimétrico, mostrando o flanco leste com gradientes suaves e homogêneos, enquanto o flanco oeste apresenta-se com escarpas abruptas. O vale é encaixado na chapada da Formação Piauí a oeste e a chapada descontínua, ora representada pela Formação Cabeças (alto curso) ora pela Formação Poti (médio e baixo curso) a leste. Além dessas chapadas superiores, um nível inferior de chapadas dissecadas pode ser notado no flanco leste do vale, com formas residuais de erosão, como colinas e monadnoks.

A planície de inundação do rio apresenta uma largura média entre 500 e 1500 m, observando-se uma seqüência de lagoas posicionadas preferencialmente nos meandros abandonados e/ou na confluência do Gurguéia com seus tributários, como ocorre por exemplo nas lagoas do Anda Só e do Sapé.

3. GEOLOGIA DA FORMAÇÃO CABEÇAS

CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS E DIMENSIONAIS

A Formação Cabeças do Devoniano Médio, é apontada pelos consultores que elaboraram os estudos hidrogeológicos no Gurguéia, como a ocorrência mais importante do ponto de vista hidrogeológico, sendo constituída essencialmente de arenitos grosseiros a médios, com níveis conglomeráticos e finas intercalações de siltito.

Os arenitos são em geral homogêneos, porém apresentam variações granulométricas de uma área para outra, bem como no sentido vertical. Assim, na área mais explorada, no Projeto Piloto, os arenitos são quase isentos da fração pelítica, com granulação mais fina no topo e mais grosseira na base, cores amarelada a esbranquiçada, enquanto na área mais ao norte, na Colônia do Incra, a formação apresenta inúmeras intercalações siltico-argilosas nos 50m mais inferiores.

Essa variação granulométrica exerce importância na construção dos poços pois as argilas intercaladas são expansivas e tendem a provocar estrangulamentos da seção não revestida na zona produtora de água.

O grau de diagênese é regular a elevado, sendo a litificação provocada apenas por compactação em função do esforço confinante das formações subjacentes.

A área de afloramentos da formação é bastante ampla, atingindo aproximadamente 13.000 km² na parte centro-oeste da bacia sedimentar, dos quais apenas 6.200 km² inseridos na bacia hidrográfica do Gurguéia. Apresenta largura

média em torno de 60 km, estreitando-se a partir da Serra Vermelha em direção a Corrente no sul da área onde desaparece progressivamente sob os sedimentos da Formação Pastos Bons.

Sua espessura média na área confinada do médio curso, onde se inicia a partir dos 100m de profundidade, é da ordem de 280m. Na área aflorante a formação possui espessura média da ordem de 150 metros, enquanto a noroeste da bacia, sua espessura chega a atingir os 400m de espessura.

CONFIGURAÇÃO ESTRUTURAL

A Formação Cabeças apresenta localmente uma estrutura homoclinal com direção nordeste-sudoeste e mergulhos suaves de 5m/km para noroeste. A sua base apresenta uma superfície de contato quase plana com a Formação Pimenteiros subjacente, como mostra o perfil geológico da Figura 1, com direção próxima ao "strike" da camada. O seu topo constitui uma superfície de contato irregular com a Formação Longá sobrejacente.

Estruturas rupturais secundárias afetaram a formação, proporcionando falhamentos e fraturamentos em várias direções. O perfil geológico da Figura 1 mostra uma falha de gravidade que ocorre logo ao norte da Colônia do Incra, entre os poços de Tranqueira e Aliança. Como resultado desse falhamento, têm-se um aprofundamento do topo da Formação Cabeças em mais de 100m com relação a vizinha área da Colônia do Incra e um considerável aumento na espessura da Formação Poti, que ultrapassou os 100m.

Várias fraturas preenchidas por sílica ou óxido de manganês ocorrem na área, acarretando "fronteiras impermeáveis" que proporcionam problemas hidrogeológicos no dimensionamento das baterias de poços.

4. O AQÜÍFERO CABEÇAS

CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

A área de recarga do aquífero Cabeças desenvolve-se numa larga faixa de direção NE-SW como mostra o mapa da Fig.2, caracterizada por extensas chapadas escalonadas e entrecortadas por uma rede de drenagem pouco densa e incipiente que evidencia as boas condições de permeabilidade dos terrenos. A recarga é procedida principalmente a partir da pluviometria de vez que a maioria dos cursos d'água são intermitentes.

Na zona de confinamento, é possível que ocorra uma recarga por drenança vertical ascendente proveniente do aquífero Serra Grande através do aquífero Picos na zona onde a carga piezométrica do Serra Grande é maior que a do Cabeças.

A superfície piezométrica do aquífero Cabeças foi esboçada a partir dos da-

dos do inventário hidrogeológico e dos poços perfurados, nos estudos de reconhecimento efetuados pelos consultores (ver mapa da Fig.2). Na área de alimentação, as curvas evidenciam um escoamento geral para noroeste, em direção ao interior da bacia, ocorrendo em zonas mais restritas divergências ou convergências das linhas de fluxo comandadas essencialmente pelas feições topográficas locais. Os gradientes nessa área são bastante fortes – em média de 4,4 m/km, em concordância com a morfologia, sendo comandados localmente pela drenagem superficial, como nos rios Paraim e Santana. Na área de confinamento, as curvas piezométricas mostram um desenvolvimento quase cilíndrico, de direção geral NE-SW, com as linhas de fluxo aproximadamente paralelas, evidenciando um escoamento geral para noroeste com gradiente médio de 1,83 m/km.

A partir da piezometria esboçada na área de artesianismo, calculou-se pela equação de Darcy, o fluxo natural através do aquífero, tendo-se estimado um volume de escoamento da ordem de 327,82 Hm³ anuais.

PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS

No âmbito do Projeto de Irrigação do Gurguéia, foram realizados pela ATE-PE/LABHID, 20 testes de aquífero nos poços produtores que captam o aquífero Cabeças, entre novembro/86 e novembro/88, na área compreendida entre os municípios de Cristino Castro e Eliseu Martins, Estado do Piauí.

O equipamento de bombeamento utilizado em todos os testes, consistiu de uma bomba turbina de eixo prolongado, acionada por um motor de 12 cilindros. A descarga foi medida através de um escoador de superfície circular, tendo acoplado no tubo de descarga um medidor de areia, do tipo centrifugador. Os níveis nos poços, foram medidos com auxílio de medidores elétricos.

Os testes de aquífero tiveram a duração de 24 a 72 horas de bombeamento, sendo a vazão mantida rigidamente constante, através do acelerador do motor, tendo sido observados de um a sete piezômetros.

O comportamento das curvas de rebaixamento x tempo, aliado às características litológicas e estruturais da seqüência perfurada, permite considerar o aquífero Cabeças, na área em estudo, como confinado e não drenante, já que, em todos os testes, não foram constatadas quaisquer evidências de recarga e, pelo contrário, os níveis dinâmicos tendiam a evoluir normalmente no final do bombeamento. Desta forma, foram interpretados com o auxílio dos métodos de Theis e Jacob.

Os valores da transmissividade (T) e do coeficiente de armazenamento (S), obtidos em cada teste de aquífero realizado, bem como os valores médios, estão resumidos na Tabela 1. Assim sendo, os valores de T e S, representativos do aquífero Cabeças, na região compreendida entre Cristino Castro e Eliseu Martins-PI, podem ser considerados como sendo:

$$T = 1,33.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$S = 3,74.10^{-4}$$

Com a finalidade de se obter uma permeabilidade (K) representativa do aquífero Cabeças regionalmente, foi feita uma correlação entre os valores das transmissividades (T) e das espessuras do aquífero (b) dos 20 poços testados, a qual é mostrada na Fig.3. O coeficiente de correlação alto (0,96) indica a homogeneidade dos arenitos da Formação Cabeças. O ponto considerado anômalo (Ap_p-11) e não levado em conta na correlação, representa uma variação faciológica dos arenitos Cabeças no bloco norte da provável falha existente na área (ver perfil geológico).

O resultado da correlação efetuada, indica uma permeabilidade de $5,89 \cdot 10^{-5}$ m/s como sendo representativa regionalmente do aquífero Cabeças na região estudada.

QUALIDADE DA ÁGUA

Ao longo da programação de testes de aquífero foram coletadas e analisadas no laboratório da 1ª DR do DNOCS em Teresina, doze amostras de água.

Os resultados mostram que a água do aquífero Cabeças exibe um baixíssimo teor salino, podendo ser considerada como de excelente qualidade para a irrigação, sendo integrante da classificação C₁-S₁ (U.S.Salinity Laboratory).

5. CONDIÇÕES DE EXPLOTAÇÃO

RESERVAS E RECURSOS

Considerando a soma das áreas de afloramento da Formação Cabeças e demais seqüências superiores da ordem de 35.000 km² e uma espessura média em torno de 250m, o volume de rocha existente será de aproximadamente $9 \cdot 10^{12}$ m³.

Levando em conta apenas os sedimentos saturados, que corresponde em média a 200m de espessura, o volume saturado passa para $7 \cdot 10^{12}$ m³, e admitindo-se um coeficiente de restituição da ordem de 3,2%, chega-se a um volume de água armazenada, ou reserva permanente, em torno de 224.000 hm³.

Quanto aos recursos explotáveis, admite-se que além das reservas reguladoras ou recursos renováveis anualmente, uma parte das reservas permanentes possa vir a ser utilizada sem maiores comprometimentos. Assim, para um rebaiamento regional médio de 20 metros na zona de recarga e de 50 metros na área de confinamento, ao longo de 50 anos, conduziria, segundo estudo dos consultores, a exploração anual da ordem de 407 hm³, dos quais 327 hm³ corresponderiam ao volume de realimentação anual do aquífero (reserva reguladora) e o restante a uma fração das reservas permanentes; esses recursos exploráveis dariam para irrigar cerca de 27.000 ha.

BATERIAS DE POÇOS, INTERFERÊNCIAS E VAZÕES EXPLOTÁVEIS

Com os resultados do Plano Diretor do Vale do Guruguéia, a COTEP dimen-

sionou uma bateria de 15 poços para irrigação de uma área de cerca de 1.500 ha denominada de Projeto Piloto (ver mapa de localização na Fig.1).

A ATEPE/LABHID, a partir de 1986, vem acompanhando a perfuração de poços e realizando estudos hidrogeológicos complementares na área indicada no mapa da Fig. 1. Os resultados dos estudos efetuados permitiram o dimensionamento de duas novas baterias de poços, INCRA e UNIFOR e o redimensionamento da bateria do PROJETO PILOTO (ver mapa da Fig.1).

No dimensionamento das baterias de poços foram consideradas as interferências entre os poços de cada bateria e também as interferências entre as baterias que, devido às características elásticas do aquífero Cabeças, se revelaram bastante substanciais.

Os cálculos de rebaixamentos e interferências foram feitos com ajuda de um modelo analítico de simulação desenvolvido pelo LABHID, utilizando a equação de Theis e regime alternado de bombeamento.

Assim, para as três baterias operando simultaneamente, com alcance de 20 anos, é possível bombear 13 poços no PROJETO PILOTO, com uma descarga global de 6.500 m³/h, 8 poços no INCRA com uma descarga global de 1.710 m³/h e 6 poços na UNIFOR com descarga total de 2.020 m³/h, totalizando portanto 10.230 m³/h.

A partir da exploração de uma quarta bateria localizada ao sul de Bom Jesus, e com uma otimização das atuais baterias, poder-se-ia alcançar uma vazão horária total da ordem de 20.000 m³/h, o que daria para irrigar de 5.000 ha, ou seja, a sexta parte da área prevista inicialmente no Plano Diretor do vale.

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

- BLANKENNAGEL, Richard K. – **Sumário geológico e potencial de água subterrânea da margem leste da Bacia do Maranhão, cobrindo o Estado do Piauí e uma pequena parte do Ceará.** Rio de Janeiro, Petrobrás, 1962. 26p.
- BRASIL. DNOCS – **Estudo de reconhecimento do Vale do Gurguéia.** Teresina, 1973. 8v il.
- BRASIL. DNOCS – **Vale do Gurguéia – Plano Diretor.** Teresina, 1975. 35p. il.
- KEGEL, Wilhelm – **Contribuição para o estudo do Devoniano da Bacia do Parnaíba.** Rio de Janeiro, DNPM (DGM), 1953. 48p. il.
- MESNER, John C. & WOOLDRIDGE, L.C. – **Estratigrafia das bacias paleozóica e cretácea do Maranhão.** B. Téc. da Petrobrás. Rio de Janeiro, 7 (2); 137 – 164. 1964.
- PESSOA, Mário Dias – **Inventário hidrogeológico do Nordeste – Folha nº 13:** Teresina-SE. Recife, SUDENE–Div. Documentação. 1977.
- PESSOA, Mário Dias – **Inventário Hidrogeológico do Nordeste – Folha nº 18:** São Francisco-NE. Recife, SUDENE–Div. Documentação. 1979.

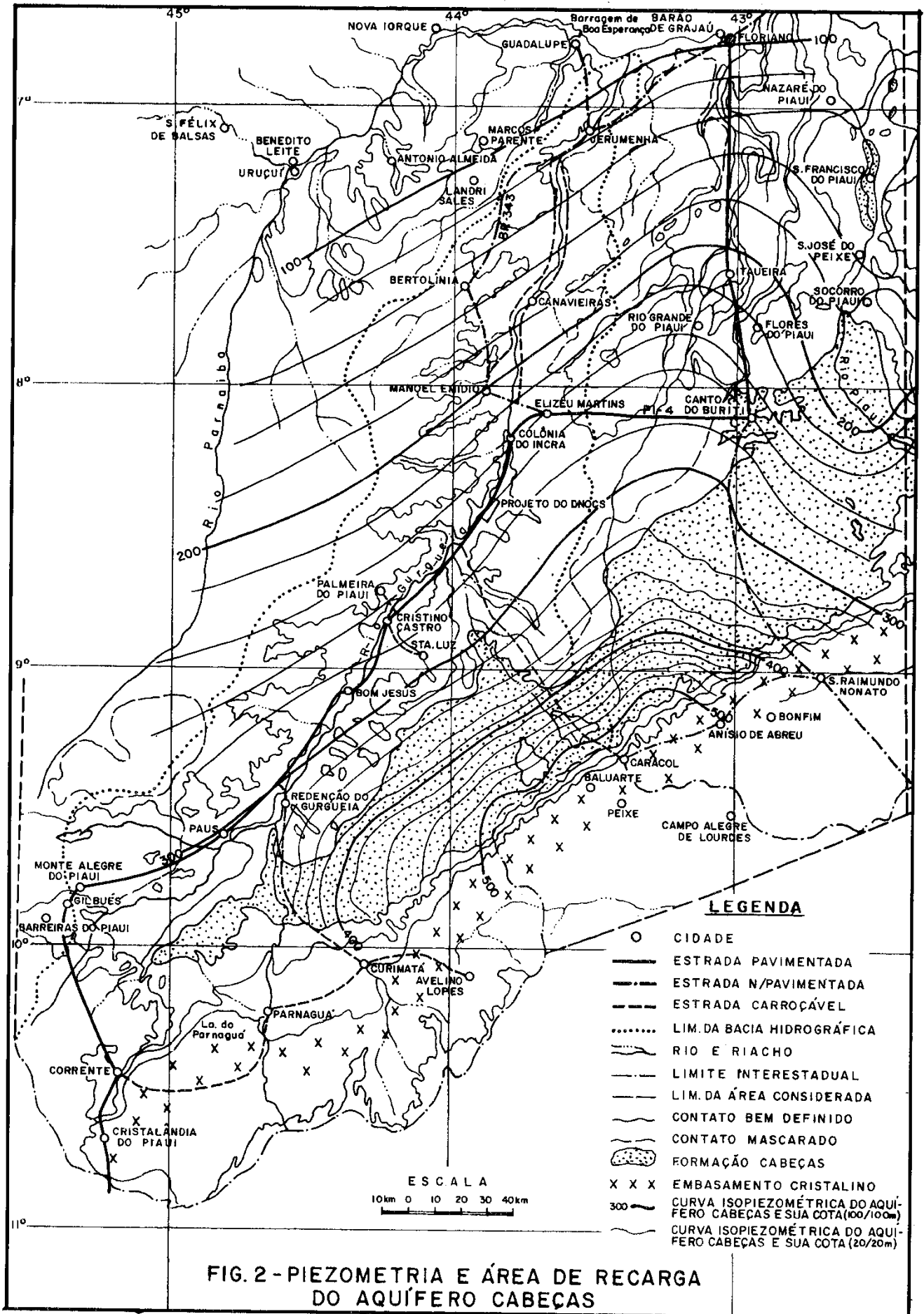


TABELA 1. PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS DO CABEÇAS

BATERIA	POÇO	T (m ² /s)	S	MÉDIAS	
				T (m ² /s)	S
ALIANÇA	APp-11	0,0034	0,000390	0,0034 (+)	0,000390 (+)
INCRA (ÁREA A)	Tranq.	0,0100	0,000154	0,0116	0,000201
	APp-1	0,0150 (*)	-		
	APp-2	0,0150	0,000255		
	APp-3	0,0107	0,000385		
	APp-4	0,0100	0,000200		
	APp-5	0,0100	0,000230		
	APp-6	0,0110	0,000234		
PROJETO PILOTO (ÁREA B)	BPp-1	0,0200	0,000295	0,0151	0,000354
	BPp-2	0,0147	0,000323		
	BPp-5	0,0100 (!)	-		
	BPp-10	0,0160	0,000445		
	P-15	0,0147 (*)	-		
UNIFOR (ÁREA C)	CPp-1	0,0130	0,000702	0,0133	0,000569
	CPp-6	0,0130	0,000426		
	CPp-7	0,0156	0,000450		
	CPp-12	0,0124 (*)	-		
	CPp-14	0,0130	0,000289		
	CPp-VII	0,0130	0,000980		
MÉDIA				0,0133	0,000374

OBS: (*) - No poço bombeado
 (+) - Valor não considerado na média
 (!) - Valor obtido pela análise da vazão específica

Figura 3. Correlação T x b

