

## RECARGA E DATAÇÃO DE POÇOS NO CRISTALINO - JUÁ/CEARÁ

*Carla Maria Salgado Vidal Silva<sup>1</sup>*

*Marlúcia Freitas Santiago<sup>2</sup>*

*Mickaelon Belchior Vasconcelos<sup>3</sup>*

### RESUMO

As águas subterrâneas no distrito Juá, município de Irauçuba no Estado do Ceará, armazenadas em rochas cristalinas do Pré Cambriano, são utilizadas como fonte de abastecimento doméstico. Estudou-se a recarga de dois poços através da mudança na qualidade da água, medindo-se a condutividade elétrica, "in locu", no período de dezembro de 1997 a dezembro de 2000 nos dois poços e no açude São Gabriel localizado a poucos metros dos poços. Também foram feitas duas datações com radiocarbono em cada poço, a primeira em agosto de 1999 e a segunda em outubro de 1999. Os resultados mostraram que a resposta à entrada de água pelas precipitações é rápida por causa do intenso fraturamento da área, tornando o cristalino, nesta área, um reservatório importante para abastecimento mas vulnerável a qualquer tipo de contaminação.

### PALAVRAS-CHAVE

RECARGA, CRISTALINO, DATAÇÃO COM RADIOCARBONO.

### INTRODUÇÃO

No Brasil, a água subterrânea, a exemplo do restante do mundo, vem tendo uma importância cada vez maior como fonte de abastecimento doméstico, agrícola e industrial. A utilização deste recurso intensificou-se nas últimas décadas, em parte pelas vantagens (menor vulnerabilidade e captação mais barata, por exemplo) que apresenta em relação aos armazenamentos superficiais e em parte pelo avanço do conhecimento de sua ocorrência e mecanismos de recarga e fluxo. Outro fator importante é o volume de água doce estocado no subsolo que representa cerca de 97% dos recursos hídricos disponíveis na Terra.

---

1) Departamento de Física da UFC, Caixa Postal 6030, CEP 60.455-760, Fortaleza, CE,  
e-mail: carla@fisica.ufc.br

2) Departamento de Física da UFC, Caixa Postal 6030, CEP 60.455-760, Fortaleza, CE,  
e-mail: marlucia@fisica.ufc.br

3) Departamento de Geologia da UFC, Caixa Postal 12181, CEP 60.455-760, Fortaleza, CE,  
e-mail: mick@bol.com.br

Embora de reconhecida má vocação hidrogeológica, em função das baixas vazões e péssima qualidade da água, as rochas cristalinas vêm sendo exploradas sistematicamente no nordeste do Brasil, constituindo, muitas vezes, a única fonte de suprimento hídrico para garantir a sobrevivência da população e principalmente, dos rebanhos. O mesmo acontece em grandes regiões da África, Índia, Austrália e Sibéria, conforme indicam muitos dos estudos hidrogeológicos regionais que tem contribuído para um melhor entendimento das propriedades hidrogeológicas do cristalino (Biscaldi, 1968; IAH, 1975; Wright & Burges, 1992). Segundo Feitosa & Manoel Filho (1997) a produção média dos poços no cristalino é da ordem de 3 m<sup>3</sup>/h, com mediana de 2 m<sup>3</sup>/h e as águas apresentam qualidade medíocre, com média de sólidos totais dissolvidos da ordem de 3.000 mg/L e mediana de 1.500 mg/L.

Segundo Davis & De Wiest (1966), poucas tarefas em hidrogeologia são mais difíceis do que a locação de poços em rochas ígneas e metamórficas devido a heterogeneidade da área, ou seja, às variações extremas de litologia e estrutura que estão associadas com zonas produtoras de água que dificultam a investigação geológica e geofísica.

O objetivo deste trabalho foi estudar os processos de recarga de poços do semi-árido no distrito de Juá, município de Irauçuba/CE localizados nas proximidades do açude São Gabriel.

## GEOLOGIA DA ÁREA

Os dados da geologia foram obtidos através de comunicação verbal com a CPRM (serviço geológico do Brasil). O distrito de Juá está representado geologicamente por rochas cristalinas de idade Proterozóica e por um aluvião, de relativa importância local, ao longo do rio Juá (Figura 1). As rochas cristalinas compreendem uma associação litológica dominada por biotita-gnaisses contendo lentes e/ou camadas estruturadas, da base para o topo, de mármore, gnaisses anfibolíticos (hornblenda-biotita gnaisses) e rochas calciossilicatadas. Gnaisses graníticos ocorrem estruturados paralelamente aos biotita-gnaisses. A estruturação destas litologias é aproximadamente norte-sul, com baixo mergulho para oeste. Os fotolincamentos mais marcantes são 80° azimute, N-S e 40° azimute.

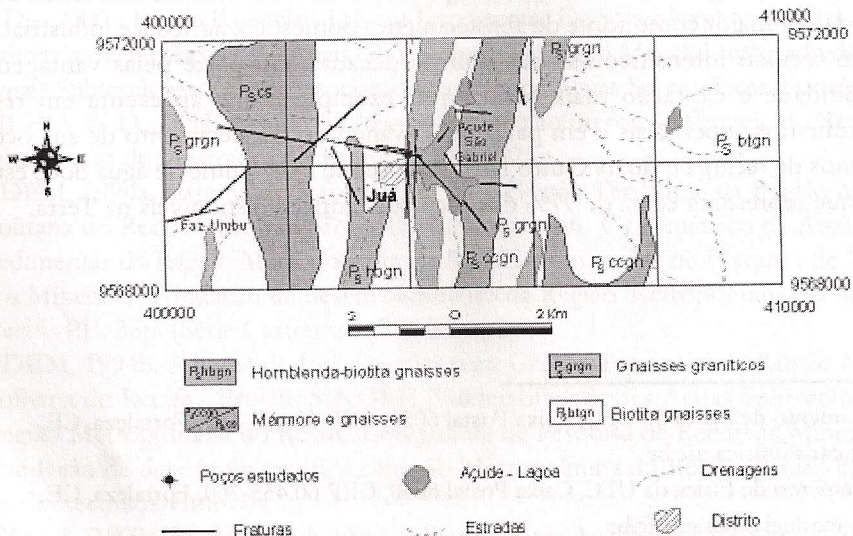


Figura 1 - Mapa geológico simplificado do distrito de Juá, Irauçuba/CE. Fonte: CPRM.

Os poços estudados e o açude São Gabriel encontram-se sobre o contato geológico entre o biotita-gnaiss a leste e o gnaiss granítico a oeste. Mais importante é o fato deste local ser um dos mais fraturados de toda a folha Irauçuba. Feixes de fraturas (ENE-WNW e N16W), associados às famílias de juntas e veios de quartzo fraturados, são as estruturas rúpteis mais comuns e que podem armazenar água subterrânea. Estudos em afloramentos nas cercanias dos poços detectaram, para uma área padrão de 1 m<sup>2</sup>, 115 fraturas com 18 m de extensão e 206 interseções.

## O ABASTECIMENTO D'ÁGUA DE JUÁ

Até 1993 Juá captava água de apenas um poço profundo, complementando seu abastecimento por cacimbas domiciliares. Em agosto de 1993, com o Programa de Saneamento Rural (CAGECE-KFW), foram perfurados mais dois poços tubulares profundos, JUÁ-01 e JUÁ-02 com profundidades de 48 e 54 metros, respectivamente. As características gerais destes poços estão mostradas na tabela 1.

Tabela 1 - Características gerais dos poços em Juá. P: profundidade, NE: nível estático, ND: nível dinâmico e Q: vazão de exploração.

Poço	P (m)	NE (m)	ND (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)
Juá-01	48,0	3,10	9,00	6,0
Juá-02	54,0	4,05	12,00	6,0
Juá-03	42,0	3,54	12,00	5,0

Testes de bombeamento nestes poços dimensionaram a produção de 170 m<sup>3</sup>/dia suficiente para atender à demanda da localidade que é de 210 m<sup>3</sup>/dia para uma população de aproximadamente 1.600 habitantes (CAGECE, 1994). Na época da perfuração foram realizadas análises químicas da água dos poços que apresentaram condutividade elétrica da ordem de 2.700 µS/cm e elevados teores de cloretos e sódio, mas apesar destes resultados estão sendo utilizadas no abastecimento doméstico.

A população conta, também, com o açude São Gabriel, mais elevado do que os poços, que estão no vale. O poço Juá-03 está a cerca de 5 m da parede do açude e o poço Juá-02 dista 40 m dele.

## METODOLOGIA

Com o objetivo de estudar o provável intercâmbio entre o açude e os poços, foi adotada a metodologia de acompanhamento da variação da condutividade elétrica no período de dezembro de 1997 a dezembro de 2000. As medidas de condutividade elétrica foram feitas "in locu".

Também foram feitas duas datações com radiocarbono em cada poço, a primeira em agosto de 1999 e a segunda em outubro de 1999. A unidade de medida adotada nesse trabalho foi o percentual de carbono moderno (pmC) que compara o teor de carbono-14 na amostra com o teor de carbono-14 da atmosfera, considerado 100%. Assim, quanto menor o valor do

pmC mais velha será a amostra e quanto maior, mais recente. As águas consideradas modernas apresentam uma idade convencional menor que 200 anos.

As datações com radiocarbono foram feitas no Laboratório de Carbono-14 do Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará. As amostras foram trazidas para o Laboratório na forma de carbonato de bário, em seguida, na linha de preparação à vácuo, foram transformadas em gás carbônico e finalmente em acetileno que é o gás de medida do contador proporcional a gás existente no Laboratório.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este trabalho dá continuidade ao trabalho “Mecanismos de recarga de poços no cristalino - Juá/Ceará” (Silva, 1999) que considerou 10 coletas, no período de dezembro de 1997 a junho de 1999. Continuou-se o monitoramento dos mesmos poços, acrescentando mais doze medidas, no período de dezembro de 1999 a dezembro de 2000 e datação com carbono-14.

Na tabela 2 são apresentados os dados de condutividade elétrica das 22 coletas nos poços e no açude são Gabriel. A condutividade elétrica variou de 154  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 4100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , no açude, de 1126  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 3250  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no poço P2 e de 1200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 2140  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no poço P3.

A pluviosidade de Juá só começou a ser medida em maio de 1998, quando a FUNCEME instalou um pluviômetro. Os resultados da pluviometria no distrito Juá podem ser vistos na figura 2. Em 1999, começou a chover em janeiro e terminou em julho, com pico em março. No ano 2000, a chuva se antecipou, começando em novembro de 1999 e indo até julho de 2000, com pico em abril. Apesar de não termos os dados de pluviometria antes de maio de 1998, este ano foi de pouca chuva em relação aos anos de 1999 e 2000. Este fato também pode ser comprovado pelos valores de condutividade elétrica no açude, que em dezembro de 1998 era de 4100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , em dezembro de 1999 era de 2940  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e em dezembro de 2000, que choveu mais do que 1999, 516  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

A figura 3 apresenta a variação da condutividade elétrica nos poços e no açude, no período de dezembro de 1997 a dezembro de 2000. Como o açude é um reservatório aberto, sujeito à evaporação, a condutividade elétrica é inversamente proporcional aos milímetros de chuva que diluem suas águas. No açude observa-se dois máximos, um em dezembro de 1998 e o outro em dezembro de 1999, antes dos períodos chuvosos e dois mínimos em junho de 1999 e em março de 2000, após os períodos chuvosos. Como em agosto de 2000 parou de chover, mas o açude estava muito cheio, a condutividade elétrica subiu lentamente.

Nos dois poços pode-se observar comportamentos distintos nas seis primeiras medidas, no período de dezembro de 1997 a outubro de 1998. Enquanto a condutividade elétrica de um sobe a do outro desce e vice-versa. Já nas coletas seguintes, no período de novembro de 1998 a dezembro de 2000, os dois poços passaram a se comportar da mesma maneira.

Estes comportamentos indicam que os dois poços, mesmo separados de apenas 35 m, não exploram sistemas de fraturas idênticos e também que eles estão sendo rapidamente recarregados. A diferença do comportamento entre as seis medidas iniciais e demais pode ser explicada pela pluviosidade anual na época das coletas. Os valores das chuvas em Irauçuba (SUDENE) foram em 1998, 1999 e 2000, respectivamente, 120,6 mm, 407,1 mm e 458,9 mm mostrando que a recarga em 1998 foi relativamente muito menor do que os anos seguintes, deixando os níveis estáticos mais baixos e os poços sem comunicação.

Esses comportamentos são decorrentes do intenso fraturamento na área, observado nos afloramentos nas cercanias dos poços. Para uma área padrão de 1 m<sup>2</sup> foram identificadas 115 fraturas (CPRM, 2001).

Tabela 2 - Medidas de condutividade elétrica para os poços P2 e P3 e para o açude. RG: Registro Geral de Laboratório, CE: Condutividade Elétrica.

Data Coleta	RG	CE (μS/cm)	RG	CE (μS/cm)	RG	CE (μS/cm)
	P2		P3		Açude	
16/12/97	3046	1872	3047	1236	3048	781
22/05/98	3208	1126	3209	2130	3210	1410
29/06/98	3323	1290	3324	2094	3325	1363
04/08/98	3326	1500	3327	2100	3328	1400
21/08/98	3329	1600	3330	1700	3331	1400
01/10/98	3332	2100	3333	1400	3334	2000
20/11/98	3338	1900	3339	1200	3340	2800
22/12/98	3341	2100	3342	1500	3343	4100
10/06/99	3370	1918	3371	1292	3372	566
21/07/99	3486	1997	3487	1509	3488	686
27/08/99	3373	2540	3374	1860	3375	900
01/10/99	3376	2140	3377	1610	3378	1114
17/12/99	3382	2760	3383	2080	3384	2940
24/03/00	3379	3030	3380	2130	3381	267
03/05/00	3385	3250	3386	2140	3387	154
02/06/00	3388	2540	3389	1780	3390	190
30/06/00	3405	3110	3406	1990	3407	230
11/08/00	3408	3090	3409	1990	3410	276
06/09/00	3411	2580	3412	1504	3413	315
18/10/00	3489	2800	3490	1675	3491	384
20/11/00	3492	2680	3493	1610	3494	450
20/12/00	3495	2550	3496	1490	3497	516

A tabela 3 apresenta as datações das águas coletadas nos poços P2 e P3. Elas mostram que as águas são de recarga recente, pois são águas modernas. No entanto, o comportamento dos poços difere quanto as mudanças ocorridas em dois meses. No poço mais salino, o P2, as águas mais modernas são mais salinas indicando a entrada de sal durante a recarga, mas no poço P3 as águas mais modernas são menos salinas, indicando dissolução (Figura 4).

As características estruturais da área são portanto, condicionantes essenciais para explicar a vazão elevada dos poços estudados (6 m<sup>3</sup>/h) assim como a importância local das aluviões do rio Juá, cuja espessura pode ultrapassar 1 m.

## CONCLUSÕES

Não há interação entre o açude e as águas exploradas pelos dois poços estudados. Quando as chuvas foram escassas, em 1998, os poços se comportaram diferente, mas quando a recarga foi intensa, em 1999 e 2000, os poços passaram a se comportar do mesmo modo.

A variação anual da condutividade elétrica que chega quase a dobrar, mostra que a resposta à recarga pelas precipitações desses poços é rápida, produzida principalmente pelo intenso bombeamento na área, tornando o cristalino um reservatório vulnerável a qualquer tipo de contaminação.

A recarga desta área, relativamente rápida, é possível pelas condições especiais do intenso fraturamento.

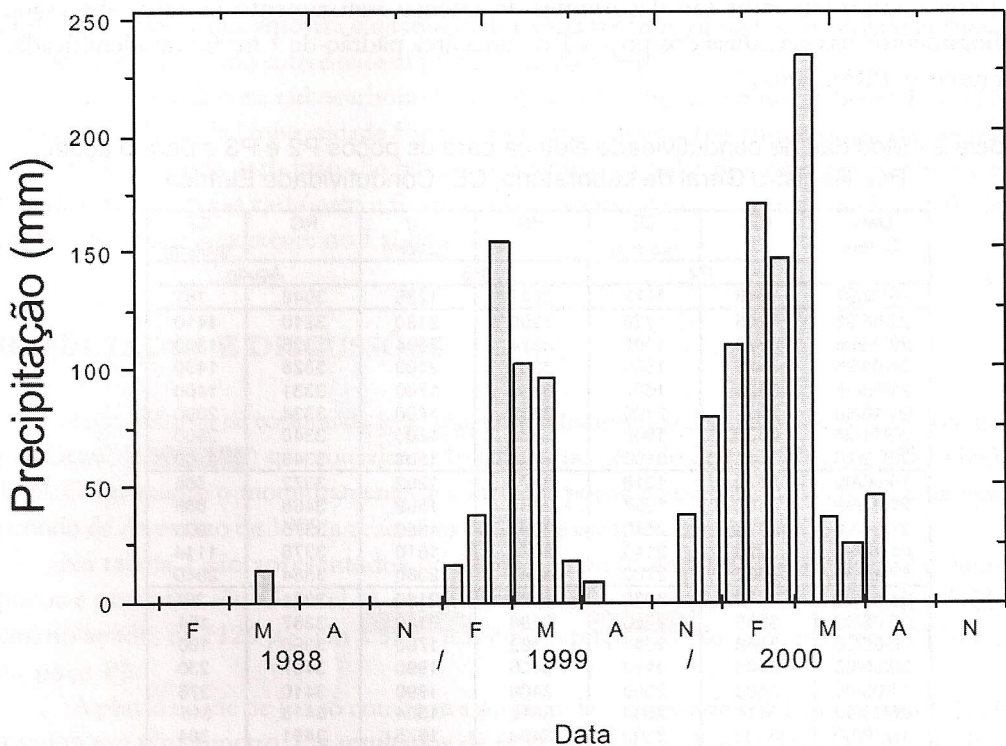


Figura 2 - Pluviometria do distrito de Juá. Fonte: FUNCEME.

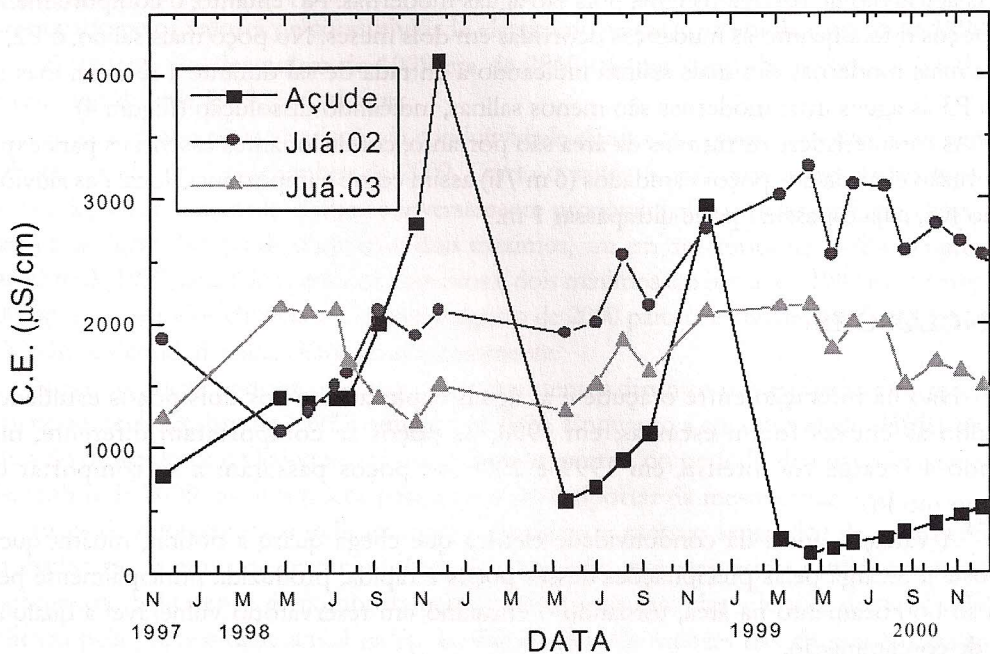


Figura 3 - Variação da condutividade elétrica com o tempo nos poços e no açude São Gabriel, em Juá.

Tabela 3 - Datações com radiocarbono para os poços P2 e P3.  
 RG: Registro Geral de Laboratório, pmC: percentual de carbono moderno.

RG	Data Coleta	Poço	pmC	Idade convencional (anos)
3373	27/08/99	P2	110,9 ± 0,6	moderna
3374	27/08/99	P3	90,2 ± 0,5	825 ± 46
3376	01/10/99	P2	99,3 ± 0,8	moderna
3377	01/10/99	P3	105,4 ± 0,6	moderna

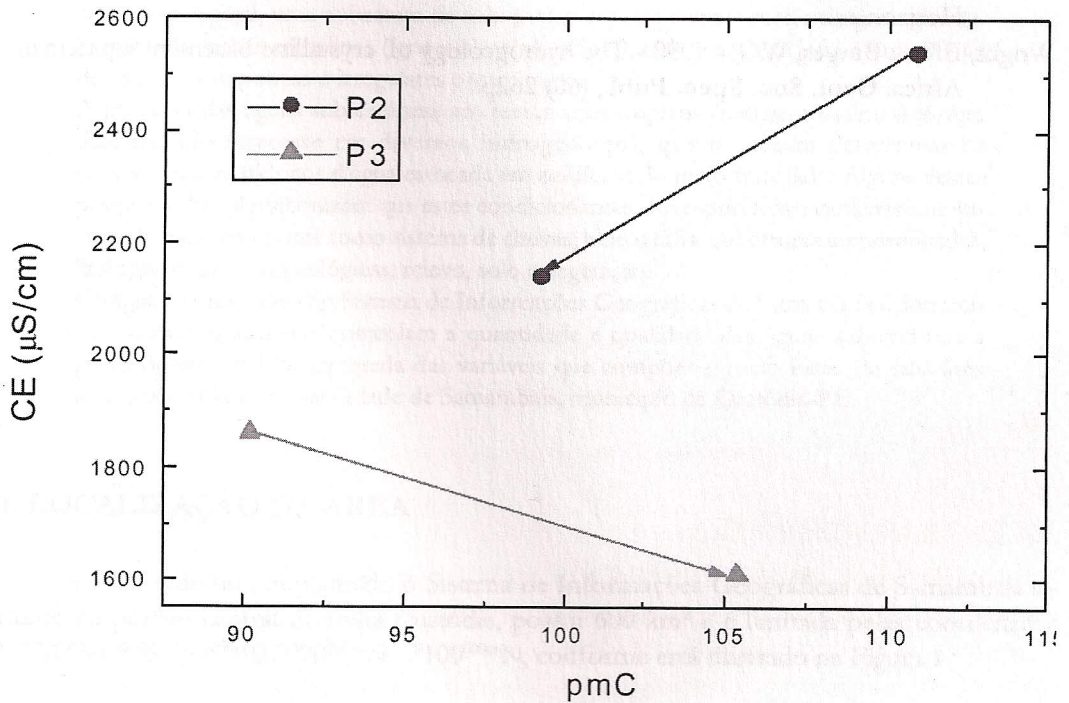


Figura 4 - Condutividade elétrica em função do percentual de carbono moderno.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Pro-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da UFC pelo suporte financeiro, ao centro de Ciências da UFC pelo transporte de campo, à FUNCEME, à CAGECE, ao SISAR pelas informações fornecidas e ao geólogo Oderson Antonio de Souza Filho da CPRM pelas valiosas discussões e ajuda na confecção do mapa e revisão da geologia da área.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Biscaldi, R. - 1968 - Hydrogéologie des roches eruptives et métamorphiques: analyses bibliographiques. **Bull. BRGM**, 3(2): 23-24.
- CAGECE - 1994 - Captação de Juá / Irauçuba - **Relatório de Definição de Manancial**. KFW, Setembro.
- CPRM - 2001 - Comunicação verbal.
- Davis, S.N. & DeWiest, R.J.M. - 1966 - **Hydrogeology**. New York: John Wiley, 463p.
- IAH INTERNATIONAL HYDROGEOLOGY CONGRESS - 1975 - **Memoires**, Porto Alegre, 157p.
- Feitosa, F.A.C. & Manoel Filho, J. - 1997 - In: **Hidrogeologia - Conceitos e Aplicações**, Fortaleza CPRM, LABHID-UFPE. 389p.
- Silva, C.M.S.V.; Santiago, M.F.; Feitosa, F.A.C.; Medeiros, C.R.; Vasconcelos, M.B. - 1999 - Mecanismos de recarga de poços no cristalino - Juá/Ceará. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. Belo Horizonte, 1999. **Anais...** Belo Horizonte,
- Wright, E.P. & Burges, W.G. - 1992 - The hydrogeology of crystalline basement aquifers in Africa. **Geol. Soc. Spec. Publ.**, (66) 262p.