

PRODUTIVIDADE DE POÇOS NO AQUÍFERO CRISTALINO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

Ana Mônica de Britto Costa - SME¹
José Geraldo de Melo - UFRN²
Fernando Moreira da Silva - UFRN³
José Bráz Diniz Filho - UFRN⁴

RESUMO

Neste artigo é avaliado o comportamento espacial de parâmetros hidráulicos que podem caracterizar as potencialidades e disponibilidades das águas do aquífero cristalino no Estado do Rio Grande do Norte. O estudo foi realizado a partir da avaliação e interpretação de dados do cadastro de poços da SERHID/ RN. Os dados foram tratados usando técnicas de parâmetros estatísticos e geoestatísticos, especificamente o método de Krigagem. Os parâmetros analisados mostraram que a profundidade dos poços se apresentava uniforme, com média de 50m. As vazões e os níveis estáticos dos poços entretanto, apresentaram uma variação considerável. A área estudada foi subdividida em três zonas com diferentes comportamentos (do leste para o oeste): Agreste, Seridó e Serrana. As vazões médias foram mais altas na zona Agreste, com 25,6% dos poços produzindo de 4 a 16 m³/h. Na zona Seridó foi de 13,9% e na zona Serrana foi 14%, para a mesma faixa de produção dos poços.

Palavras - chave: Aquífero cristalino. Profundidade e Vazão.

ABSTRACT

In this paper, the behavior of the hydraulics parameters on the space which can characterize the potentialities and availabilities of crystalline aquifer waters in Rio Grande do Norte State is analyzed. The study was performed taking on account the data of the well records from the SERHID/ RN. The data were processed using statistics and geostatistics parameters, specifically the *Krigagem* method. The parameters analysis shows that the depth of the wells is uniform, with a 50m average. The yield and the static level of the wells however presented considerable variation. The studied area was divided into three zones with different behaviors: Agreste, Seridó and Serrana (from east to west). The yields average were higher in the Agreste zone, with 25,6% of the wells yielding from 4 to 16 m³/h. In the Seridó zone it was 13,9% and in the Serrana zone, 14%, for the same well production range.

Keywords: Crystalline aquifer. Depth and Yield.

INTRODUÇÃO

As rochas cristalinas do Rio Grande do Norte constituem um aquífero fissural de natureza anisotrópica, livre com águas reconhecidamente de baixa qualidade e reduzido potencial hidrogeológico, localizado em região de clima semi-árido. A ampliação da oferta d'água e o seu aproveitamento, por conseguinte, está sujeito ao conhecimento de fatores que limitam a sua utilização.

Os reservatórios hídricos superficiais construídos para atender às necessidades hídricas das comunidades, não têm sido suficientes para minimizar o problema da escassez de água, tornando o aquífero cristalino uma importante fonte de suprimento para a população rural, mediante a captação d'água por poços.

¹ Geógrafa e Mestre em Geociências. E-mail: anacosta55@hotmail.com

² Geólogo, Mestre e Doutor em Hidrogeologia. Professor Adjunto do Curso de Geologia/UFRN.

³ Meteorologista, Mestre e Doutor em Meteorologia. Professor Adjunto do Curso de Geografia/UFRN.

⁴ Geólogo, Mestre e Doutor em Hidrogeologia. Professor Adjunto do Curso de Geologia/UFRN.

Embora os poços perfurados no aquífero fissural ofereçam, em geral, vazões modestas e águas com salinidade elevada, constituem-se, em alguns casos no recurso disponível para o abastecimento humano e, predominantemente, para uso pecuário e outros usos menos nobres na região.

Desta forma, busca-se nesse trabalho a obtenção de elementos necessários à maximização do uso das águas, através da avaliação de parâmetros que possam melhor orientar quanto a exploração das águas no aquífero cristalino. Os parâmetros hidráulicos considerados foram: profundidade, vazão e nível estático dos poços.

1 - ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo, com cerca de 30.658km², compreende o complexo Cristalino (perfazendo aproximadamente 57,5% da superfície do Estado), inclui totalmente 94 municípios e, parcialmente, 38. A região do complexo cristalino está localizada na porção meridional do Estado (Figura 1).

A área de abrangência limita-se, ao Norte, com a Bacia Potiguar (de idade Cretácea); ao Leste, com a Bacia Costeira (de idade Tércio - Quaternária); ao Oeste, com o Estado do Ceará, por onde se prolongam as rochas cristalinas de idade Pré-Cambriana; e, ao Sul, com o Estado da Paraíba, por onde também se prolongam as rochas cristalinas.

Estudo anterior realizado por Costa (2002) na área do aquífero cristalino do Rio Grande do Norte, onde foi avaliado o comportamento espacial e temporal de parâmetros que caracterizam a qualidade das águas, constatou que o aquífero apresentava faixas de salinidade diferenciadas podendo ser subdivididas em três zonas: a Agreste, a Seridó e a Serrana. Em função dessas características em relação à qualidade, busca-se também nesse trabalho verifica-se existem diferentes zonas em relação à quantidade.

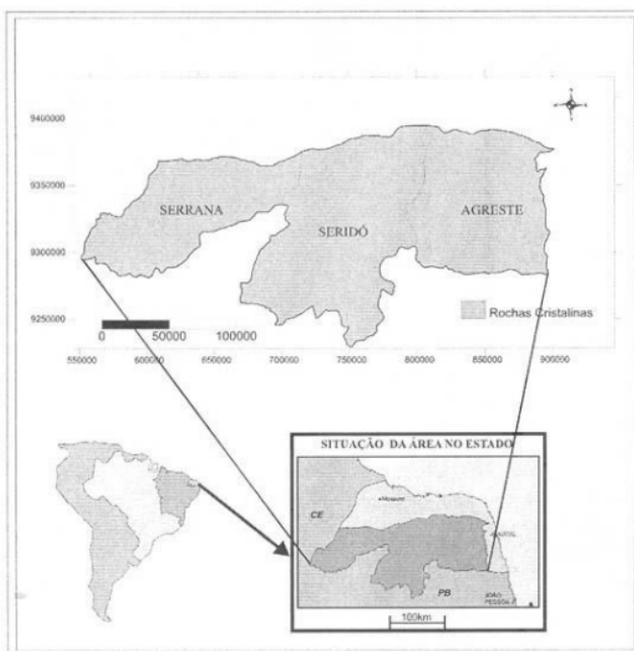


Figura 1 - Localização da área estudada.

2 - CONDIÇÕES FÍSICAS DA ÁREA

A área de estudo está inserida na região de clima semi-árido do Estado do Rio Grande do Norte, que se caracteriza por apresentar diferentes médias pluviométricas anuais. Nas áreas Leste (Agreste) e Central (Seridó) a média anual fica entre 650mm e 700mm; e Oeste (Serrana), em torno de 800mm, com ocorrências locais de até 1000mm. Ocorre um decréscimo nos totais das precipitações do litoral para o interior do Estado (IDEC, 1975).

Com base na classificação de Köppen, existem três domínios climáticos: clima do tipo BSs'h', BSw'h' e Aw. O primeiro caracteriza a área Leste (Agreste), de clima semi-árido, com estação chuvosa se adiantando para o outono; o segundo caracteriza a área Central do Estado (Seridó), de clima semi-árido predominante, com estação chuvosa que se atrasa para o outono; o terceiro domínio compreende a porção do alto Oeste do Estado (Serrana), possuindo clima tropical chuvoso, com estação chuvosa que se atrasa para o outono (RÁDAMBRASIL, 1981).

A pouca disponibilidade de águas subterrâneas na região é consequência, principalmente, do clima semi-árido, aliado a ocorrência de solos pouco profundos, que favorece ao rápido escoamento superficial, e a um substrato de rochas cristalinas do Pré-Cambriano, incluindo os tipos ígneas e metamórficas (granitos, gnaisses, xistos, entre outros), que são de natureza praticamente impermeáveis e contribuem para o caráter intermitente dos rios e riachos. A infiltração ocorre essencialmente nos trechos de fraturamentos / falhamentos do arcabouço rochoso, principalmente nas áreas de planícies (depressões sertanejas) associadas à ocorrência de aluviões e/ou solos com cobertura vegetal (caatinga). Estas unidades favorecem a recepção das águas de chuvas e/ou de escoamento superficiais, e permitem sua transferência e recarga das fraturas/falhas subjacentes, por infiltração vertical descendente (COSTA *et al*, 2002).

3 - METODOLOGIA

O critério metodológico adotado constou basicamente de seleção e tratamento estatístico / geostatístico de dados representativos do sistema aquífero estudado, elaboração de mapas, tabelas de correlação e gráficos, com intuito de atender aos objetivos propostos.

Todos os dados analisados na pesquisa foram extraídos do banco de dados da Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte - SERHID. Foi realizada uma triagem e homogeneização nos dados para torná-los mais representativos.

O tratamento estatístico preocupou-se em descrever e analisar parâmetros hidráulicos de 2.909 poços, de maneira a se obter valores representativos das variáveis indicativas da quantidade das águas do aquífero cristalino. Os cálculos foram realizados com auxílio do *software Excel MS Office-97*.

O tratamento geostatístico, mediante a *Krigagem* dos dados, possibilitou tornar mais precisa a interpolação espacial de cada variável. Os dados primários foram interpretados e analisados com auxílio do *software Surfer for Windows*, que permitiu a elaboração dos mapas de isotores, tendo sido a organização dos dados de entrada no *software Excel MS office-97*.

4 - AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA E ESPACIAL DE PARÂMETROS HIDRÁULICOS

– Profundidade dos poços

A Tabela 1 mostra o sumário estatístico do universo das informações disponíveis no cadastro. Observa-se que a profundidade média de poços é de 48,8m, com valor máximo de 100m e mínimo de 2,1m. O coeficiente de variação obtido foi de apenas 20%, representando o parâmetro mais regular dentre os dados de poços analisados na região.

Tabela 1 - Tratamento estatístico dos dados de poços da região cristalina/RN.

Parâmetros	Profundidade (m)	Vazão (m ³ /h)	Nível estático (m)
Média	48,8	2,8	7,1
Moda	50	1	3
Desvio Padrão	9,9	3,4	7,1
Coefficiente de Variação	20%	121%	100%
Mínimo	2,1	0,3	0,1
Máximo	100	36	56
Contagem	2.909	2.128	2.140

Fonte: Os dados primários fazem parte do banco de dados da SERHID.

Conforme análise do histograma da Figura 2, constata-se que 51% dos poços perfurados no cristalino têm profundidade entre 41 a 50m, com 19,1% abaixo de 50m e 29,9% com profundidade superior aos 40m. De acordo com o mapa da Figura 03 verifica-se uma certa homogeneidade da profundidade dos poços na região das rochas cristalinas do Estado.

Na zona Agreste a profundidade mais freqüente situa-se entre 30 a 60 metros, com poços apresentando uma média de 47,9m. Assim sendo, os valores da profundidade dos poços para a zona Agreste, estão em torno de 50m, não havendo grande diferença.

A profundidade média (47,3m) dos poços da zona Seridó é estatisticamente da mesma ordem de grandeza da zona Agreste (47,9m), com 17,6% dos poços apresentando profundidade inferior ou igual a 40m. Nesta zona ocorre o poço mais raso da região (2,1m), no município de São João do Sabugi, contudo 80% dos poços possuem profundidade entre 41m a 60m.

Na zona Serrana a profundidade média (51,2m) dos poços é estatisticamente maior, comparada às outras duas zonas. A profundidade variou entre 7 a 100m, e 88,5% dos poços apresentam profundidade entre 41 a 70m. O poço mais profundo da região cristalina ocorre nesta zona (100m), no município de Viçosa.

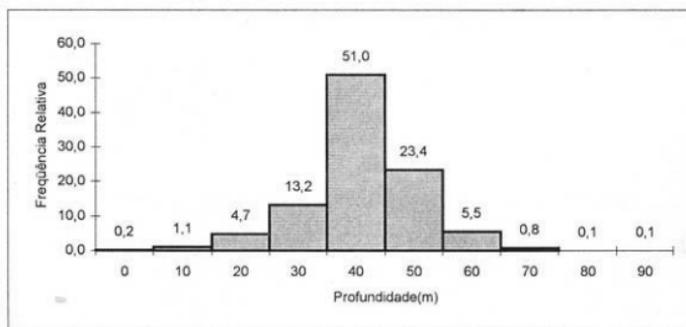
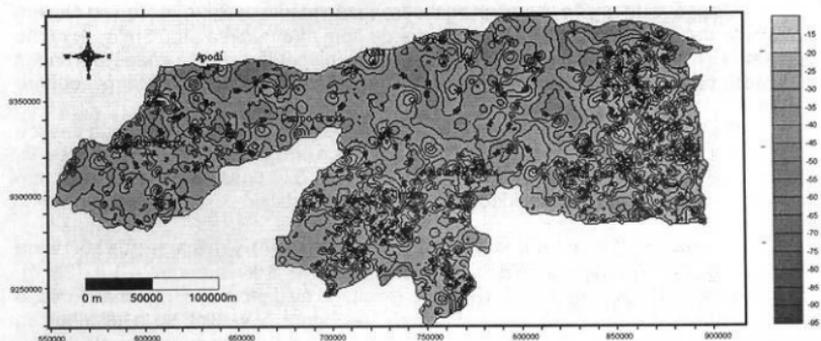


Figura 2 - Histograma da freqüência da profundidade dos poços das amostras de 2909 poços da região cristalina/RN.



Autora: Ana Mônica de Britto Costa

Figura 3 - Mapa de "iso valores" da profundidade dos poços do cristalino/RN.

- Vazão dos poços

Os poços da região cristalina possuem vazão média de $2,8\text{m}^3/\text{h}$ (Tabela 1), com coeficiente de variação 121%, tendo máxima de $36\text{m}^3/\text{h}$ e mínima de $0,3\text{m}^3/\text{h}$. A vazão representa o parâmetro com mais alto índice de dispersão dentre todos os dados analisados para a região, o que evidencia o caráter de anisotropia do sistema aquífero cristalino.

Considerando a vazão média de $2,8\text{m}^3/\text{h}$, ou seja, 2800l/h , e que uma pessoa consome 50 litros de água por dia, pode-se concluir que um poço bombeado durante seis (6) horas ao dia, poderá atender a uma população de 336 pessoas / dia, ou seja, em condições normais de potabilidade, o aquífero cristalino é importante para o abastecimento.

De acordo com o histograma de freqüência (Figura 4), verifica-se que 80,1% da vazão dos poços da região é menor ou igual a $4\text{m}^3/\text{h}$; 18,8% está entre 4,1 a $16\text{m}^3/\text{h}$, restando apenas 1% acima de $16\text{m}^3/\text{h}$. Este resultado evidencia que, regionalmente, o aquífero cristalino produz pequenas vazões. Na Figura 5 verifica-se a distribuição irregular deste parâmetro, predominando especialmente o domínio de vazões até $2\text{m}^3/\text{h}$.

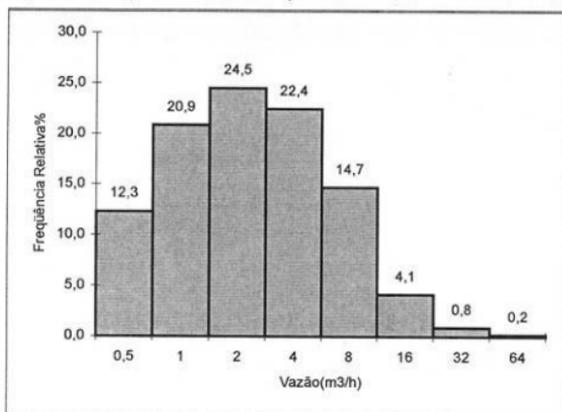


Figura 4 - Histograma da freqüência da vazão dos poços das amostras de 2128 poços da região cristalina/RN.

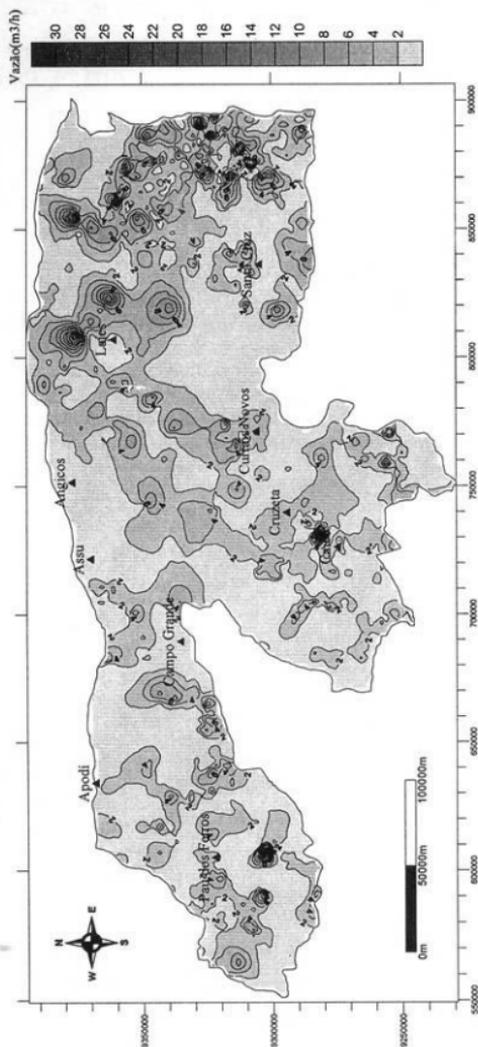
Observou-se que a zona Agreste apresenta uma vazão média de $3,4\text{m}^3/\text{h}$, possuindo 92% dos poços com vazões inferiores ou iguais a $8\text{m}^3/\text{h}$. Estatisticamente os poços perfurados na zona Agreste apresentam vazões médias mais elevadas, com relação ao que foi obtido para toda a região do cristalino.

Provavelmente a maior vazão dos poços na zona Agreste ocorre devido ao contato entre os granitóides do Complexo Gnáissico - Migmatítico (Complexo Caicó) com micaxistos da Formação Seridó, pois segundo Costa (1986), áreas que apresentam contatos entre duas unidades petrográficas distintas são favoráveis ao acúmulo de água.

Convém ressaltar ainda que grande parte da zona Agreste está dentro da Depressão Sertaneja, onde ocorre um manto de intemperismo mais espesso, com presença de solos Podzólicos, nos municípios de Senador Eloi de Souza, Presidente Juscelino, entre outros. Conforme Legrand (1959, apud COSTA, 2000), áreas que estão no interior de depressão de bacias foram identificadas como locais de melhor situação morfológica para capacitação de volumes de águas produzidas nos terrenos cristalinos, e secundariamente nas áreas de planícies.

A vazão média da zona Seridó é igual a $2,2\text{m}^3/\text{h}$, ou seja, relativamente inferior em termos estatísticos às vazões na zona Agreste; 85,7% dos poços apresentam vazão inferior ou igual a $4\text{m}^3/\text{h}$, apenas 14,4% possuem vazão superior a $4\text{m}^3/\text{h}$, destes ocorrem apenas dois poços com vazão superior a $30\text{m}^3/\text{h}$, localizados no município de São José do Seridó. Na zona Serrana a vazão média dos poços é igual a $2,5\text{m}^3/\text{h}$, da mesma ordem de grandeza da zona Seridó. Com 85,5% dos poços apresentando vazão inferior ou igual a $4\text{m}^3/\text{h}$.

Foi feita a correlação (Figura 6) entre a vazão e a profundidade dos poços, o que resultou numa fraca correlação de -10%, podendo significar que a quantidade de água nas fraturas do aquífero cristalino é praticamente independente da profundidade dos poços.



Autora: Ana Mônica de Brito Costa

Figura 5 - Mapa de "iso valores" da vazão dos poços do cristalino/RN.

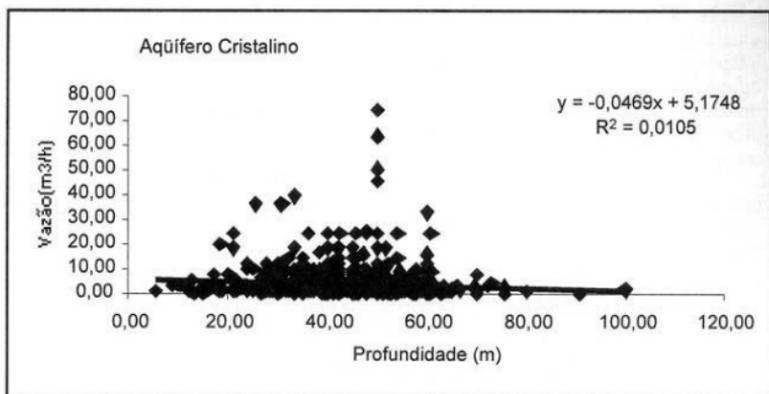


Figura 6 - Correlação e coeficiente de explicação entre as profundidades dos poços e as vazões.

- *Nível Estático*

A profundidade do nível estático dos poços, conforme apresenta a Tabela 1, é em média de 7,1m, com coeficiente de variação de 100%, sendo o valor máximo de 56m, e mínimo de 0,1m. A distribuição da frequência, ilustrada no histograma da Figura 7, demonstra que 75,6% é menor ou igual a 8m, estando 15,5% entre 8,1 a 16m, e apenas 8,9% é superior a 16m. Este resultado indica níveis de água relativamente rasos, e mostram que o aquífero cristalino é bastante vulnerável a contaminação das águas subterrâneas. Observando a Figura 8, verifica-se que os níveis estáticos mais profundos coincidem com locais que apresentam relevo com ondulações (serras principalmente) ou em áreas onde os solos são mais profundos. Os níveis estáticos menos profundos correspondem, de modo geral, aos vales dos rios e riachos.

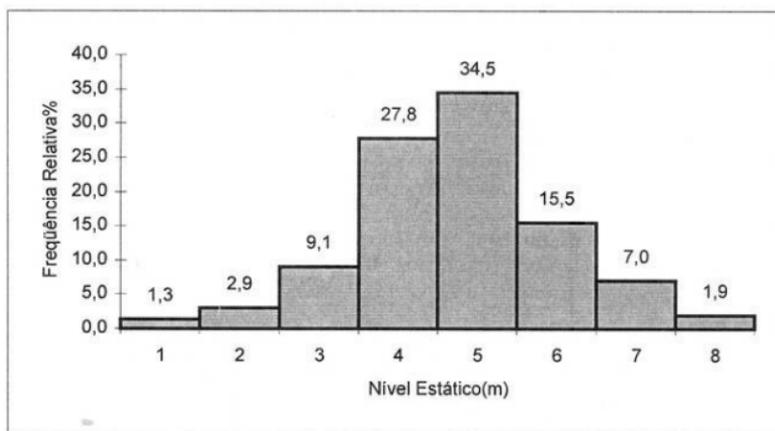
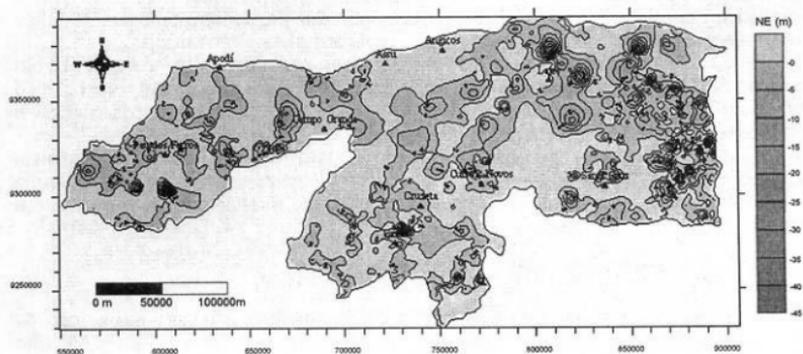


Figura 7 - Histograma da frequência do nível estático dos poços das amostras de 2140 poços da região cristalina/RN.



Autora: Ana Mônica de Britto Costa

Figura 8 - Mapa de "iso valores" do nível estático (NE) dos poços do cristalino/RN.

O nível estático na zona Agreste varia de 0,2m a 51m, com média de 8,1m. Apresenta 87,3% dos poços com nível estático inferior ou igual 16m. Em termos estatísticos ocorre na zona Agreste o maior número de poços com nível estático relativamente maior que os apresentados na região cristalina como um todo.

O nível estático dos poços da zona Seridó variou entre o mínimo de 0,3m e um máximo de 37,5m, com média igual a 5,4m. Possui 88,3% dos poços com nível estático inferior ou igual a 8m. Esta zona, em termos estatísticos, apresenta poços com nível estático relativamente inferior aos da zona Agreste.

Na zona Serrana o nível estático médio é igual a 7,2m. Os poços possuem nível estático inferior ou igual a 8m, em 76,6% dos casos. Nesta zona os poços apresentam o nível estático estatisticamente maior que a zona Seridó e relativamente menor que a zona Agreste.

5 - POTENCIALIDADE DO AQUÍFERO CRISTALINO/RN

Para caracterização da potencialidade do aquífero cristalino, em função da vazão do poço, foram utilizados parâmetros estabelecidos por Mente & Mont'Alverme (1982), conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação da produtividade de poço do aquífero cristalino em função da vazão.

Potencialidade do aquífero	Faixa de capacidade específica para o rebaixamento de 25m [(m ³ /h)/m]	Faixa de vazão do poço (m ³ /h)
Muito elevada	$Y > 4$	$Q > 100$
Média a elevada	$1 y < 4$	$25 < Q < 100$
Fraca a média	$0.1 y < 1$	$2.5 < Q < 25$
Muito Fraca	$y < 0.1$	$Q < 2.5$

Q = Vazão

Na região de rochas cristalinas do Rio Grande de Norte, com base na análise de 2128 poços, identificou-se que 64,7% dos poços apresentaram produtividade classificada como **muito fraca** (1377 poços), e 35% de **fraca a média** e apenas 0,2% classificam-se de **média a elevada** (4 poços).

- Produtividade de poços da zona Agreste

Nesta zona, com base na análise de 890 poços, constatou-se que a produtividade mais freqüente em 56% (498 poços) ficou classificada como **muito fraca**, seguida em 43,7% dos poços de **fraca a média** e apenas 0,3% (3 poços) classificam-se de **média a elevada**, conforme parâmetros apresentado na Tabela 2.

- Produtividade de poços da zona Seridó

Nesta zona, com base na análise de 611 poços, verificou-se que a produtividade mais freqüente (71,8%) foi classificada como **muito fraca**, seguida em 27,9% dos poços de **fraca a média** e apenas 0,2% (1 poços) classificam-se de **média a elevada** (entre 25 a 100m³/h) conforme parâmetro apresentados na Tabela 2.

- Produtividade de poços da zona Serrana

Nesta zona, com base na análise de 627 poços, constatou-se que a produtividade mais freqüente (71,3%) ficou classificada como **muito fraca** seguida em 28,5% dos poços de **fraca a média** e apenas 0,2% (1 poços) classificam-se de **média a elevada**, conforme parâmetro apresentados na Tabela 2.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises de parâmetros hidráulicos dos poços do aquífero cristalino demonstraram poços com profundidade uniforme (coeficiente de variação igual a 20%), com média de 50m, possuindo maior variação na vazão (coeficiente de variação igual a 121%) e nos níveis estáticos (coeficiente de variação igual a 100%). Constatou-se, ainda, que a profundidade dos poços não exerce influência no aumento da vazão.

As vazões médias registradas nos poços foram relativamente pequenas para toda região cristalina, da ordem de 2,7m³/h. Na zona Agreste, cerca de 25,6% dos poços apresentaram vazão entre 4m³/h e 16m³/h. No Seridó verificou-se apenas 13,9%, e na zona Serrana 14%. Ou seja, em média, as maiores vazões estão associadas aos poços da zona Agreste.

Provavelmente, as vazões dos poços relativamente maiores na zona Agreste podem estar associadas a um fraturamento mais intenso nesta zona e/ou pela presença de um manto de intemperismo ou coberturas alóctones e coluviais / aluviais mais expressivo, que propicia maiores oportunidades de infiltração e armazenamento de águas de chuvas.

Portanto, a zona Agreste é a que apresenta melhor possibilidade hidráulica devido a maior produtividade do poço naquele setor, seguido das zonas Seridó e Serrana (no sentido leste para Oeste) cujas potencialidades são menores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSTA, A. M. B.; MELO, J. G.; SILVA, F. M.; DINIZ FILHO, J. B. Zoneamento da salinidade das águas da aquífero cristalino do Rio Grande do Norte. *Revista de Geologia*. Fortaleza, v.15, p.55-65. 2002.

COSTA, W. D. *Análise dos fatores que atuam no aquífero fissural* - área piloto dos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte. São Paulo: USP, Tese de Doutorado, 1986.

FUNDAÇÃO INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO - IDEC. *Diagnóstico estrutural do Rio Grande do Norte*: recursos naturais. Natal, v.II. 1975.

COSTA, W. D.; SILVA, A. B. Hidrogeologia dos meios anisotrópicos. In: FEITOSA, F. A. & MANUEL FILHO, J. (Coord). *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. 2ª edição. Fortaleza: CPRN, p.133-174, 2000.

MENTE, A.; MONT'ALVERNE, A. F. Mapa hidrogeológico do Brasil na escala de 1: 5000.000. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2. Salvador, *Anais...* Salvador, ABAS. p.111-117, 1982.

RADAMBRASIL. *Levantamento de recursos natural*. Folha SB 24/25/Jaguaribe/ Natal. São Paulo, 1981.