

# **CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DO AQÜÍFERO FISSURAL NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE**

**Costa, W. D.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Costa, Waldir Duarte – Professor Titular do Centro de Tecnologia e Coordenador Executivo do LABHID - Laboratório de Hidrogeologia do C.T.

## RESUMO

O presente trabalho constitui uma sinopse de parte da tese de doutorado apresentada pelo mesmo autor na USP-SP em 1986. Trata de uma análise a respeito da influência dos fatores intrínsecos e extrínsecos do meio fissural sobre a quantidade e qualidade das águas captadas por poços tubulares no Estado do Rio Grande do Norte.

## 1. INTRODUÇÃO

A pesquisa estatística encetada no Rio Grande do Norte, utilizou os dados dos poços perfurados pela CDM em rochas cristalinas entre 1981 e 1985, com vazões superiores a 200 l/h, num total de 443 (correspondente a 52,6% do total perfurado).

Procurou-se correlacionar os parâmetros indicativos da quantidade e qualidade da água, respectivamente vazão específica e resíduo seco com os fatores endógenos e exógenos que atuam no meio hidrogeológico, tais como: tipo de rocha, estrutura (tipo de fratura), profundidade do poço e da entrada d'água, manto de cobertura, relevo, hidrografia e clima regional.

No Estado do R.G. do Norte ocorre uma distinta variação na qualidade das águas dos rios que drenam para o oriente, desaguando na costa leste do nordeste para aqueles que drenam para o norte, desaguando na costa setentrional do nordeste. Assim é que as bacias hidrográficas de maior curso que correm de oeste para leste, como os rios Ceará-Mirim e Potengi, possuem águas com elevados teores de salinidade. Enquanto isso, os rios que drenam de sul para norte, como o Piranhas que nasce no extremo oeste da Paraíba e deságua no centro-norte do R.G. do Norte, e o Apodi que drena todo o setor ocidental desse Estado, possuem águas de baixos teores de salinidade.

Considerando que há uma íntima relação entre a qualidade das águas superficiais e as subterrâneas, como não podia deixar de ser, visto serem estas alimentadas por aquelas, foi efetuado um zoneamento em duas grandes regiões, denominadas de Região Oriental e Região Ocidental. O limite entre as duas regiões, que constitui o divisor hidrográfico das bacias que drenam para leste ou para norte, passa aproximadamente no meridiano 36°16' desde a altura de Lajes (RN) até o paralelo 7°00' logo acima de Soledade (PB). Daí, toma uma direção SW até a cidade de Teixeira, prolongando-se pela Serra do Teixeira em limite com o Estado de Pernambuco.

## 2. ELEMENTOS DOS POÇOS

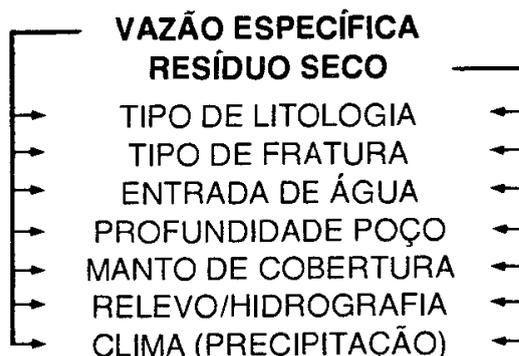
No Quadro I, são apresentados os parâmetros estatísticos dos elementos dos poços, distinguindo-se quanto a qualidade da água, as regiões ocidental e oriental, face às características próprias de cada uma.

Observa-se em geral a grande dispersão de valores em torno da média, principalmente a vazão específica em 260% de coeficiente de variação, além da vazão e resíduo seco, com C.V. em torno dos 100%. O único elemento que apresenta baixa dispersão de valores é a profundidade do poço, com C.V. inferior a 20%.

### 3. RELAÇÕES ENTRE OS PARÂMETROS DO POÇO E FATORES INTRÍNSECOS E EXTRÍNSECOS

A principal atividade desenvolvida na pesquisa, correspondeu na busca de relacionamento entre os diversos parâmetros do poço, do aquífero, do meio externo e da própria água, quanto a sua qualidade.

De maneira esquemática, foram as seguintes as correlações tentadas:



A seguir serão analisadas cada uma dessas relações.

#### RELAÇÕES VAZÃO ESPECÍFICA X TIPO DE LITOLOGIA

Depois de algumas tentativas, chegou-se a uma amostragem mais realista, considerando o intervalo de vazão específica superior a 50 (l/h)/m e inferior a 1.000 (l/h)/m.

No Quadro 2, são amostrados os valores médios, desvio padrão, coeficiente de variação e número de amostras e participação percentual para cada tipo de rocha. A comparação entre a participação percentual de cada rocha da população com a da amostragem escolhida é quase a mesma, o que demonstra uma boa representatividade da amostra trabalhada.

#### RELAÇÃO VAZÃO ESPECÍFICA X TIPO DE FRATURA

As fraturas assinaladas foram classificadas levando em conta a relação com as direções de xistosidade ou lineamentos estruturais bem como com relação a gênese. Assim, por exemplo, uma fratura longitudinal tracional é paralela aos planos de xistosidade, sendo originada por um esforço tracional (ou componente tracional 3 de um esforço compressivo 1); podem ser devidos a alívio de pressão ou associadas a dobras antiformes próximas ao plano axial (bc de SANDER). Por outro lado, uma fratura longitudinal de cisalhamento, desenvolve-se paralelamente ao plano de xistosidade sendo provocado por um esforço compressivo atuando obliquamente ao referido plano. Algumas fraturas longitudinais (geometricamen-

te), não puderam ser definidas quanto à gênese, daí a classificação adotada de longitudinal indefinida. Em alguns casos, a fratura não ficou bem característica nem quanto a geometria (em rochas não orientadas, p.e.) nem quanto a gênese, sendo então classificada como fratura não caracterizada. Finalmente, em alguns casos, o poço foi perfurado em local onde, superficialmente, não foi detectada nenhuma fratura.

Conforme pode ser visto no Quadro 3, os poços que forneceram melhores vazões foram aqueles localizados em fraturas transversais tracionais, com uma média de 1.141 (l/h)/m.

Seguiram-se na ordem decrescente as fraturas longitudinais tracionais, com a vazão específica média de 546 (l/h)/m.

Dentre as fraturas longitudinais indefinidas e das não caracterizadas, certamente existem algumas tracionais e outras de cisalhamento, o que conferiu à média para os dois tipos, valores intermediários entre aqueles de fraturas tracionais (transversais ou longitudinais) e de cisalhamento (angulares ou longitudinais).

Assim, as fraturas longitudinais indefinidas forneceram vazões específicas médias da ordem de 264 (l/h)/m, enquanto as fraturas não caracterizadas alcançaram a vazão média de 401 (l/h)/m.

As fraturas de cisalhamento, como era esperado, forneceram as mais reduzidas vazões nos poços que lhes interceptaram: 98 (l/h)/m nas fraturas angulares de cisalhamento e 50 (l/h)/m nas fraturas longitudinais de cisalhamento.

Finalmente aparecem os 30 poços sem fraturas, que forneceram uma vazão específica média de apenas 59 (l/h)/m.

## RELAÇÃO VAZÃO ESPECÍFICA X PROFUNDIDADE DO POÇO

Foram plotados, em gráfico mono-log, os valores de vazão específica (escala logarítmica) contra profundidade do poço, na região oriental, por possuir melhores vazões; se o resultado da correlação tivesse sido satisfatório, seria estabelecida a mesma relação para a região ocidental. Tal gráfico, todavia, não revelou nenhuma tendência de correlação entre as duas variáveis.

Aplicando um programa de regressão (mínimos quadrados), obteve-se índice de correlação em torno de  $-0,3$  e que revela uma fraca correlação inversa entre as variáveis analisadas.

Buscando estabelecer alguma relação entre esses parâmetros, em vista da fraca correlação revelada matematicamente, foi elaborado um quadro de frequências, com dupla variável, entre a vazão específica e a profundidade (ver Quadro 4), pelo qual se deduz:

1. dos poços com mais de 60m de profundidade, 46,5% possuem vazões específicas inferiores a 100 (l/h)/m; e apenas 6,2% apresentam vazões específicas superiores a 1.000 (l/h)/m.

2. os poços que possuem vazão específica menor de 100 (l/h)/m possuem, na maior parte (80,8%) profundidades elevadas (superiores a 60m).
3. dos poços que possuem vazão específica maior que 1.000 (l/h)/m, apenas 25% apresentam profundidades superiores aos 60m.

### RELAÇÃO VAZÃO ESPECÍFICA X ENTRADA D'ÁGUA

Uma outra relação executada foi a da vazão específica x entrada d'água, através de uma análise das fraturas interceptadas pelos poços. Essa relação aparece associada à anterior em virtude da profundidade do poço e entrada d'água guardarem uma certa relação entre si. Apesar da vazão específica na região ocidental ser, em média, apenas 65% da vazão específica média da região oriental, os dados de fratura acusam, praticamente, o mesmo resultado para essas duas regiões (ocidental e oriental). A maior incidência de fraturas, é na faixa de profundidade de 10 a 20m, com cerca de 37% das 1.560 fraturas medidas. A partir dos 20m de profundidade, vai diminuindo o percentual para 21% na faixa de 20 a 30m, para 10% na faixa de 30 a 40m, para 5,5% na faixa de 40 a 50m, e finalmente para 3% nas profundidades superiores a 50m. A diminuição é em torno de 50% de uma faixa para outra.

Sumarizando em faixas de 20m, têm-se o seguinte resultado:

Prof.	RN
0 - 20m	59,3%
20 - 40m	31,7%
> 40m	9,0%

Esses resultados, aliados àqueles obtidos nas relações Vazão Específica x Profundidade total do poço, permitem concluir que a profundidade limite, que deveria ser adotada para poços em aquíferos fissurais, no nordeste do Brasil, seria a de 40m, excepcionalmente podendo ir até os 50m.

### RELAÇÃO VAZÃO ESPECÍFICA X MANTO DE COBERTURA

O manto de cobertura pode se constituir em importante fator de recarga do aquífero fissural quando possui boa espessura e é constituído, predominantemente, de material psamítico, pobre em pelitos.

Na região, foi procedida uma amostragem, escolhendo-se os poços das bacias orientais do R.G. do Norte, num total de 228, e os poços da bacia do Piranhas (região ocidental) do mesmo Estado, em número de 115. A escolha das duas regiões deveu-se ao fato de na primeira predominarem maiores espessuras de capeamento do que na segunda.

Foi tentado estabelecer uma relação geométrica (linear ou não), plotando-se em papel mono-log as espessuras de capeamento, contra as vazões específicas, apresentando o resultado numa distribuição dos pontos completamente aleatória, não podendo ser utilizada nenhuma relação estatística entre os referidos parâmetros. A "nuvem de pontos" distribuiu-se quase uniformemente, com nítida predominância abaixo dos 5m de espessura. Executada a análise de regressão entre essas variáveis para a região de maiores espessuras de manto, o resultado revelou inexistência de correlação entre as variáveis.

O gráfico revela entretanto que, na região oriental, apenas 29% dos poços possuem espessura de capeamento igual ou superior a 5m, enquanto na região ocidental, essa percentagem cai para 21,4%. Dos poços com mais de 5m de capeamento, 28,5% na região oriental e 48% na ocidental, possuem vazões específicas inferiores 100 (l/h)/m e para as duas regiões, 70% dos poços com capeamento superior a 5m fornecem vazões específicas inferiores a 500 (l/h)/m. Nos poços com a vazão específica superior a 100 (l/h)/m, 70% têm capeamento inferior a 5m e apenas 30% possuem mais de 5m.

Desses dados se conclui que, na região de estudo, o manto de cobertura apresenta uma relação inversa com a vazão específica, ou seja, os poços com maior espessura de capeamento, tendem a apresentar menores vazões específicas.

Essa relação aparentemente anômala, pode ser facilmente compreendida, face às seguintes razões:

1. as espessuras do capeamento são em geral reduzidas, com o máximo valor apresentado, de 19m.
2. as precipitações pluviométricas não são abundantes para promoverem uma realimentação contínua e eficaz desse manto; por outro lado, a evaporação é intensa e, nos mantos de espessura inferior a 3m (média geral da região) o efeito da evaporação se faz sentir com grande intensidade.
3. a constituição granulométrica é mais pelítica que psamítica, conforme já abordado atrás.
4. a locação do poço realizada com base em critérios técnicos, sobretudo na relação hidrografia-estrutura, comumente conhecida como riacho-fenda, fica prejudicada nas regiões com maiores espessuras de capeamento, pois as estruturas ficam "mascaradas" pelo material de cobertura, que dificulta e até impede (a depender da espessura do manto) o aparecimento do afloramento rochoso.

Se for efetuada uma comparação das vazões dos poços da região em estudo, com outras no sul do País, verifica-se que em algumas regiões sulistas as vazões são bem maiores, até 10 vezes em média, sendo a causa principal a espessa cobertura de material arenoso com 40 a 50m de possança, aliado a uma precipitação pluviométrica da ordem de 2.000mm/ano e baixos valores de evaporação (que não teria influência para grandes espessuras de sedimentos).

## RELAÇÃO VAZÃO ESPECÍFICA X RELEVO/HIDROGRAFIA

A situação mais favorável é aquela em que o poço se situa no talvegue, com vazão específica média de 478 (l/h)/m, seguida pela locação na encosta, com vazão específica média de 386 (l/h)/m e, por último, como mais desfavorável, no topo das elevações, com vazão específica média de 183 (l/h)/m. O valor médio da vazão dos poços localizados nas encostas corresponde a 75,9% do valor médio dos poços situados no talvegue, enquanto no topo das elevações, o valor médio da vazão corresponde a apenas 35,5% da situação do talvegue.

Deve ser ressaltado, que os poços localizados nas encostas, são em geral, à pequena distância do talvegue, o que justifica a vazão específica média ficar bem próxima da dos localizados no próprio talvegue.

Por outro lado, deve ser lembrado que para cada situação de relevo analisado, intervém também os outros fatores, que influem em maior ou menor escala, na produção potencial do poço.

## RELAÇÃO VAZÃO ESPECÍFICA X CLIMA

O clima exerce uma moderada participação na potencialidade de um aquífero, pois na medida que a precipitação é mais intensa, maior será a infiltração e, conseqüentemente, maiores as vazões.

As vazões médias das regiões oriental e ocidental são respectivamente de 775,25 (l/h)/m e 525,92 (l/h)/m.

Observa-se que, de um modo geral, a região oriental é possuidora de vazões específicas maiores (cerca de 50% a mais) do que a região ocidental. Na realidade, a região oriental, à exceção das cabeceiras dos cursos, que se situa na dorsal semi-árida da Borborema, possui mais elevados índices de pluviosidade, inclusive propiciando a perenização do baixo curso de quase todos os rios da região; enquanto isso, ocorre o contrário na região ocidental, que é mais "chovida" nas cabeceiras das bacias, tornando-se as precipitações mais rarefeitas no baixo curso.

## RELAÇÃO RESÍDUO SECO X TIPO DE ROCHA

A análise da correlação entre o resíduo seco e o tipo de rocha, foi desenvolvida separadamente, por região de vez que, foram constatadas sensíveis diferenças de uma região para outra.

O micaxisto apresenta as águas mais salinizadas na região oriental (média de 8.450 mg/l), sendo porém pouco representativa a média devido ao pequeno número de amostras (apenas 6); o mesmo ocorre com os migmatitos com sete amostras (média de 7.830 mg/l) e que vêm logo a seguir aos micaxistos. Os valo-

res mais representativos são os dos gnaisses, na região oriental com 167 amostras (média de 6.030 mg/l) e na região ocidental com 102 amostras (média de 1.930 mg/l). De um modo geral, não ocorrem sensíveis diferenças entre os vários tipos de rochas, a não ser nos quartzitos, com média inferior a 1.000 mg/l. As médias gerais para as 195 análises da região oriental e 188 da região ocidental foram respectivamente de 6.208,63 mg/l e 1.731,57 mg/l, com respectivos coeficientes de variação de 86,0% e 116,57%.

Pelo exposto, a influência do tipo de rocha é muito baixa, nos processos de salinização, desde que, não ocorra um tipo lítico que se sobressaia em todas as regiões. Apesar disso, pode-se verificar que algumas rochas como o micaxisto, aparecem sempre com índices dos mais elevados, enquanto outras, como o quartzito, oferecem sempre os valores mais baixos.

### **RELAÇÃO RESÍDUO SECO X TIPO DE FRATURA**

Conforme pode ser visto no Quadro 3, dos 135 poços com análises químicas, as fraturas longitudinais de cisalhamento, com apenas 5,2% de participação, acarretam as mais elevadas taxas de salinização, com a média de 4.532 mg/l.

Observa-se que há grande diferença entre vários tipos de fratura, variando a média de R.S. desde 1.558 mg/l nos poços com fraturas longitudinais transversais, até 4.532 mg/l ou seja, cerca de 200% entre um tipo e outro.

### **RELAÇÃO RESÍDUO SECO X PROFUNDIDADE DE ENTRADA D'ÁGUA**

A representação em gráfico mono-log da profundidade de entrada d'água contra o resíduo seco (na escala logarítmica) foi realizada com poços da região oriental devido ao fato de serem ali os valores do R.S. mais variáveis.

O gráfico mostrou uma "nuvem de pontos" distribuídos aleatoriamente, não revelando qualquer relação direta ou indireta entre os dois parâmetros considerados. A análise de regressão revelou todavia uma fraca relação direta, com índice de correlação de 0,3 entre as variáveis. Apesar da fraca relação apresentada, pôde-se deduzir do gráfico, que:

1. todos os poços com resíduo seco inferior a 1.000 mg/l apresentaram a entrada d'água principal, a menos de 25m de profundidade.
2. dos poços com resíduo seco até 2.000 mg/l, 93% ocorrem a profundidades da entrada d'água inferiores a 25m.
3. dos poços com profundidade de entrada d'água superiores a 25m, 8,1% possuem R.S. inferior a 2.000 mg/l, 54,0% apresentam R.S. entre 2.000 e 8.000 mg/l e 37,8% têm R.S. maior que 8.000 mg/l.
4. dos poços que possuem R.S. que 8.000 mg/l, 1/3 possuem entradas

d'água inferiores a 25m de profundidade e 2/3 com profundidades superiores a 25m.

Em suma, a profundidade da entrada d'água, na maioria dos casos, interfere na qualidade da água de maneira direta, isto é, à medida que aumenta a profundidade, aumenta o teor de sais dissolvidos na água.

No gráfico em questão, pode-se visualizar a zona de maior concentração, em forma de uma salsicha encurvada, com ramo ascendente para a região superior-direita da figura, revelando uma tendência ao crescimento do R.S. com o aumento da profundidade de entrada d'água.

Essa relação não constitui nenhuma anomalia, ao contrário, era já esperada sua ocorrência, visto que à medida que aumenta a profundidade, vão diminuindo as fraturas em intensidade e também em abertura. Com isso, a circulação da água é mais lenta, a renovação mais precária e o gradativo aumento de salinidade tende naturalmente a ocorrer com o tempo.

### **RELAÇÃO ENTRE RESÍDUO SECO X PROFUNDIDADE DO POÇO**

A amostragem precedida, correspondeu aos poços localizados na região oriental, em número de 127 por possuírem uma larga variação de valores de salinidade.

Apesar dos baixos coeficientes de correlação encontrados, a representação gráfica revelou uma certa "tendência" para concentração da "nuvem de pontos", segundo uma elipse, com eixo maior inclinado para a área superior-direita do gráfico, o que implicaria numa relação direta entre os dois parâmetros analisados.

Além dessa disposição elíptica dos pontos, deve ser chamada a atenção para os seguintes fatos:

1. todos os 30 poços com R.S. > 8.000 mg/l possuem profundidades superiores a 40m, sendo 23,3% com profundidade entre 40 e 50m e 76,7% com profundidades superiores a 50m.
2. dos poços com profundidades superiores a 60m, 50% possuem R.S. entre 3.500 e 6.000 mg/l e os outros 50% possuem R.S. > 10.000 mg/l.
3. dos poços com R.S. < 2.000 mg/l, 55% possuem profundidades inferiores a 50m e 45% apresentam profundidades entre 50 e 60m.

Essas observações permitem detectar uma fraca relação direta entre o resíduo seco e a profundidade do poço, no sentido de que, as águas dos poços mais profundos tendem a ser mais salinizadas. Essa relação, aliás, não poderia deixar de existir, uma vez que já foi detectada a relação do resíduo seco com as entradas d'água e estes, por sua vez, estão intimamente relacionados com a profundidade do poço.

Em geral, quando o poço é mais profundo, é porque não forneceu água suficiente, a menores profundidades, tendo que ser aprofundado e alcançadas entradas d'água (fraturas) mais profundas.

## **RELAÇÃO RESÍDUO SECO X MANTO DE COBERTURA**

Como amostragem para investigação dessa relação, foram utilizados os dados da região oriental, pela maior diversificação de valores de salinidade.

Foram plotados em papel mono-log os valores de resíduo seco (na escala log) contra a espessura do manto de cobertura (escala decimal). O gráfico revelou que não existe qualquer relação entre os parâmetros em referência.

O resultado da análise de regressão mostra igualmente a inexistência de correlação entre essas variáveis.

## **RELAÇÃO RESÍDUO SECO X RELEVO/HIDROGRAFIA**

Quanto à relação entre a qualidade da água e o relevo/hidrografia, foi feita uma tentativa, sem contudo apresentar um resultado coerente. Em princípio, a situação de depressão fluvial (talvegue) deveria propiciar melhores condições de recarga e, em consequência, mais baixos teores de salinização. Pela mesma razão na medida que diminuísse a recarga, nas encostas e interflúvios, a salinização deveria aumentar progressivamente. Na prática, não se verifica esse relacionamento, em virtude da participação de outros fatores que atuam no processo de salinização, sobretudo como já foi dito antes, o clima regional. Assim, é que nas bacias hidrográficas, de elevada salinidade, como aqueles que drenam de oeste para leste, acontece muitas vezes o contrário da situação esperada, isto é, no vale principal do rio, onde o trajeto percorrido é maior, as águas infiltradas são mais salinizadas, enquanto que alguns valores tributários, de menor percurso, apresentam água de melhor qualidade. Essa inversão da situação é frequentemente constatada nas bacias dos rios Ceará-Mirim e Potengi.

## **RELAÇÃO RESÍDUO SECO X CLIMA**

Foi analisada a diferenciação existente entre as regiões oriental e ocidental, separadas por uma dorsal morfológica de direção, aproximadamente, norte-sul.

Essa dorsal coincide com a faixa de maior aridez do nordeste, com índices variáveis entre 10 a 15 e isoietas em torno de 400mm/ano. Nessa zona, a evaporação é sempre superior a precipitação, estando os solos, na maior parte do ano, com deficiência de água. Os sais são trazidos de zonas mais profundas e precipitados no solo pela evaporação da água, sendo em parte, transportadas pelos cursos d'água e, em parte, re-infiltradas. Esse processo contínuo, acarreta gradativos aumentos de salinização da região e, os rios que têm ali as suas nascentes, tendem igualmente a ser salinizados. É justamente isso o que acontece com a drenagem da região oriental, cujas nascentes são na maior parte (excetuando-se o ramo sul-ocidental da bacia do Paraíba) originadas nessa dorsal de extrema aridez.

Enquanto isso, os cursos d'água das bacias ocidentais são originados ou na Serra do Teixeira, onde a pluviometria chega a 1.000mm/ano, onde nascem os vários cursos que formam a bacia do rio Piranhas, principalmente os rios Piancó e Espinhares; ou nas grandes elevações orientais, limítrofes dos Estados do R.G. do Norte, Paraíba e Ceará, como as serras de S. José, Cantinho, Camará, João do Vale, Martins, etc., cabeceiras da bacia hidrográfica do rio Apodi, com pluviometria de 800 a 1.000mm/ano.

Do exposto, pode-se concluir que a principal causa de salinização das águas de poço da região oriental é o clima, ou, mais precisamente, a deficiência em precipitação que acarreta salinização dos cursos hídricos superficiais, que vão recarregar os aquíferos fissurais. É então uma relação inversa, pois, na medida que diminui a precipitação, aumenta a salinidade.

#### **4. SÍNTESE DAS RELAÇÕES ANALISADAS**

O Quadro 5 resume os resultados dessas correlações, não sendo nele incluída a relação entre os dois parâmetros do poço – vazão específica x resíduo seco.

Essa relação entre os parâmetros é inversa, apesar de incipiente, e traz, como consequência, uma total inversão na relação entre cada fator analisado para com os parâmetros, ou seja, se um determinado fator guarda uma relação direta com a vazão específica, fatalmente terá relação inversa com o resíduo seco.

Esse fato pode ser constatado em todos os casos, em que a relação não é específica com determinados tipos do elemento analisado. Desse modo, a entrada d'água, a profundidade do poço e o manto de cobertura, apresentam relações inversa com a vazão específica e direta com o resíduo seco, excetuando-se apenas o manto de cobertura, que não guarda nenhuma relação com o R.S. Quanto ao clima, ocorre o contrário, a relação é direta com a vazão específica inversa com o R.S.

No que se refere às relações entre os parâmetros vazão específica e resíduo seco com o tipo de rocha, tipo de fratura e relevo/hidrografia, não podem ser expressas simplesmente como direta ou inversa, pois apresentam uma variação em função das classificações adotadas para as rochas, fraturas e situações de relevo associado à hidrografia. Assim, a relação é de que tipo de rocha, de fratura e de relevo é mais favorável ou mais desfavorável à obtenção de uma melhor vazão específica e de uma salinidade mais baixa.

QUADRO 1 – VALORES MÉDIOS REPRESENTATIVOS DOS ELEMENTOS DOS POÇOS

ELEMENTOS DO POÇO	PARÂMETROS ESTATÍSTICOS					
	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	VALOR MÉDIO	DESVIO PADRÃO	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	NÚMERO DE AMOSTRAS
ESPESSURA DO CAPEAMENTO (m)	0	19,0	3,85	3,04	78,95	431
PROFUNDIDADE DO POÇO (m)	23,0	101,0	54,57	10,31	18,90	443
NÍVEL ESTÁTICO DA ÁGUA NO POÇO (m)	+3,80	31,00	5,17	4,76	92,11	428
NÍVEL DINÂMICO DA ÁGUA NO POÇO (m)	1,8	48,33	23,13	13,23	57,19	425
VAZÃO DO POÇO l/h	120	36.000	3.878	4.324	111,5	443
VAZÃO ESPECÍFICA l/h/m	0,7	17.308	657	1.714	260,8	425
RESÍDUO SECO DA ÁGUA (mg/l)						
1. REGIÃO OCIDENTAL	138,0	14.945	1.731	2.018	116,6	195
RESÍDUO SECO DA ÁGUA (mg/l)						
2. REGIÃO ORIENTAL	534,8	31.125	6.208	5.340	86,0	197

QUADRO 2 – VAZÃO ESPECÍFICA POR TIPO LITOLÓGICO NO ESTADO DO R.G. DO NORTE (Amostragem no interv. 50–1000 l/hm)

ROCHA	$\bar{x}$ (l/h)/m	(l/h)/m	C.V.(%)	Nº AMOSTRAS	TOTAL (%)
Gnaisse	319,48	255,10	79,85	198	70,7
Granito	258,11	207,94	80,56	40	14,3
Micaxisto	255,24	221,02	86,59	29	10,4
Migmatito	300,90	227,43	75,58	8	2,9
Quartzito	275,20	154,35	56,09	5	1,8
MÉDIA	302,73		TOTAL	280	(66,6% da população)

QUADRO 3 - VALORES DE VAZÃO ESPECÍFICA E RESÍDUO SECO POR TIPO DE FRATURA

TIPO DE FRATURA	VAZÃO ESPECÍFICA			RESÍDUO SECO			
	VALOR	(l/h)/m	Nº	VALOR	mg/l	Nº	%
Transversal tracional	MÁXIMO	8.034	42	MÁXIMO	14.945	37	27,4
	MÍNIMO	28		MÍNIMO	277		
	MÉDIO	1.141		MÉDIO	2.560		
Angular de cisalhamento	MÁXIMO	408	23	MÁXIMO	6.748	21	15,6
	MÍNIMO	13		MÍNIMO	532		
	MÉDIO	98		MÉDIO	2.629		
Longitudinal tracional	MÁXIMO	1.758	8	MÁXIMO	5.260	7	5,2
	MÍNIMO	116		MÍNIMO	352		
	MÉDIO	546		MÉDIO	1.558		
Longitudinal cisalhamento	MÁXIMO	86	6	MÁXIMO	14.000	7	5,2
	MÍNIMO	19		MÍNIMO	888		
	MÉDIO	50		MÉDIO	4.532		
Longitudinal indefinida	MÁXIMO	714	13	MÁXIMO	5.632	11	8,1
	MÍNIMO	29		MÍNIMO	492		
	MÉDIO	264		MÉDIO	1.910		
Não caracterizada	MÁXIMO	1.955	27	MÁXIMO	8.319	23	17,0
	MÍNIMO	32		MÍNIMO	335		
	MÉDIO	401		MÉDIO	1.428		
Sem fraturas	MÁXIMO	334	30	MÁXIMO	12.024	29	21,5
	MÍNIMO	14		MÍNIMO	496		
	MÉDIO	59		MÉDIO	2.523		
MÉDIA GERAL		476			2.367		

QUADRO 4 – RELAÇÃO DE FREQUÊNCIAS ENTRE PROFUNDIDADE DO POÇO E VAZÃO ESPECÍFICA

PROFUNDIDADE P (m)	VAZÃO ESPECÍFICA – Q/s (l/h)/m						TOTAL
	Q/s ≤ 100 nº	%	100 < Q/s ≤ 1000 nº	%	Q/s > 1000 nº	%	
P ≥ 60	59	46,5	60	47,2	8	6,2	127
40 ≤ P < 60	13	18,6	41	58,6	16	22,8	70
P < 40	1	5,0	11	55,0	8	40,0	20
	73	33,6	112	51,6	32	14,7	217

QUADRO 5 – RESUMO DAS CORRELAÇÕES ENTRE FATORES E PARÂMETROS DOS POÇOS

PARÂMETROS FATORES	VAZÃO ESPECÍFICA (l/h)/m	RESÍDUO SECO (mg/l)
TIPO DE ROCHA	ESPECÍFICA	ESPECÍFICA (fraca)
TIPO DE FRATURA	ESPECÍFICA	ESPECÍFICA (fraca)
PROFUNDIDADE DO POÇO	INVERSA	DIRETA (Incipiente)
PROFUNDIDADE DE ENTRADA D'ÁGUA	INVERSA (Incipiente)	DIRETA
MANTO DE COBERTURA	INVERSA (Incipiente)	INEXISTENTE
RELEVO/HIDROGRAFIA	ESPECÍFICA	ESPECÍFICA
CLIMA (PRECIPITAÇÃO)	DIRETA	INVERSA