

ESTUDO DAS FRATURAS E SUAS POTENCIALIDADES HÍDROGEOLOGICAS NAS ROCHAS CRISTALINAS DA REGIÃO QUARTZÍTICA DO SERIDÓ/SABUGÍ PARAIBANO (VÁRZEA-PB)

Tumkur Rajarao Gopinath¹; José Ivaldo de Morais¹ & Marcio Rodrigo Almeida Vivas¹.

RESUMO - O armazenamento e a exploração de água subterrânea nas rochas cristalinas fraturadas enfrentam dificuldades devido à complexidade das propriedades hidrológicas das mesmas. A área de estudo é situada na região da cidade de Várzea, Paraíba, compreendendo uma área de aproximadamente 270 km². A litologia predominante é de quartzitos pertencentes a Formação Equador (Proterozóico Médio). O objetivo principal desse trabalho é para mapear as fraturas nas rochas cristalinas e caracterizar as condições hidrogeológicas das rochas. No campo, foram feitas medições de azimutes das fraturas e descrição litológica. Os dados foram utilizados para análise estatística, classificação das fraturas, elaboração de mapas de fraturas duas e três dimensionais. A frequência de ocorrência das fraturas da região apresentou-se nos azimutes N 70 W e N 40 E. A média dos ângulos de mergulho foi 72°. Foram feitas as correlações entre os poços existentes e as fraturas da região. A pesquisa demonstrou que existem fraturas de tração (subverticais a verticais), que funcionam como condutos para a água, sendo que a condutividade depende da abertura apresentada. O armazenamento de água ocorre nos locais onde há grande interseção das fraturas, bem como, nas zonas de cisalhamento. Planos de fraturas ou de contatos litológicos sub-horizontais são essenciais para captação e armazenamento da água de infiltração, como também, para recarga dos poços de produção.

¹ Departamento de Mineração e Geologia, CCT/Universidade Federal da Paraíba, Campus II, C.P.10009, Campina Grande, PB, Cep: 58109-970. tumkur@uol.com.br

ABSTRACT - Prospecting for underground water in igneous and metamorphic terrain is very uncertain due lack of knowledge about fracture behavior. The study area included about 270 km² around Varzea, Paraiba. The rock types found in the region are quartzites, schist and gneisses-migmatites of Middle Proterozoic age. Objective of this study is to map the fractures and determine their hydrogeological properties. During fieldwork the strike and dip of fractures were determined. Field data was used to prepare maps and multidimensional models to investigate the behavior of the fracture surfaces. Water wells existent in the study area were plotted on the fracture maps to correlate these wells with the fractures. In the study area the fractures are frequent along N70W and N40E, with an average dip of 72°. Fracture surfaces that dip more than 80° are common in the area along with the planes with dips less than 50°. The water production wells in the region occur in areas where nearly vertical planes are common with the presence of one to two low dipping fracture surfaces. It is believed that the water can percolate through these nearly vertical fractures and the low dipping surfaces or nearly horizontal lithological contacts tend to capture this percolating underground water.

Palavras-chave: Água sub-terrânea, Quartzitos, Rochas fraturadas

INTRODUÇÃO

Na região Nordeste do Brasil, desde o início do século passado, as rochas cristalinas vem sendo utilizadas como alternativa para o abastecimento de água de pequenas comunidades e rebanhos. No Nordeste do Brasil, a Província da Borborema ocupa uma área de cerca de 380.000 km², sendo que a região pesquisada encontra-se inserida no contexto das rochas cristalinas, onde o armazenamento e a exploração da água subterrânea enfrentam muitas dificuldades devido à diversificação de características e a complexidade nas propriedades hidrológicas apresentadas pelas referidas rochas. Apesar dos altos custos e das dificuldades para se detectar tais propriedades no subsolo, as fraturas encontradas nessas rochas proporcionam condições para que estas possam vir a se constituírem em aquíferos substanciais. O critério de escolha da área pesquisada foi baseado principalmente na eminente escassez dos recursos hídricos, consequência de prolongados períodos de estiagem e acentuada irregularidade das estações chuvosas; tomou-se como base também, a ocorrência na área, de rochas pré-cambrianas bastante deformadas e fraturadas, oferecendo condições favoráveis ao armazenamento de água subterrânea.

Diversos trabalhos relacionados sobre aquíferos fissurais e estudo das fraturas nas rochas cristalinas com ponto de vista água sub-terrânea existem na literatura. Os trabalhos de Costa & Silva (1997) e Manoel Filho(1997) detalha com clareza todos os fundamentos que governam características das rochas fissuradas e as condições necessárias para torna um aquífero. Mais

recentemente estudo da mecânica das fraturas e transporte e fluxo de líquido nelas estão sendo pesquisados com modelamento e com os dados reais observados no campo (Doughty & Karasaki, 2002; Gudmundsson, 2002).

O objetivo principal dessa pesquisa é analisar as estruturas geológicas deformacionais das rochas cristalinas, buscando elucidar as condições que governam sua hidrodinâmica, onde através da correlação com dados de poços existentes na região, procurar-se-á ordenar a sistemática de ocorrência das fraturas, bem como, pré-selecionar-se áreas propícias ao armazenamento de água subterrânea.

Numa abordagem mais abrangente, podem-se destacar como objetivos específicos da presente pesquisa, os seguintes: Definir a natureza das estruturas geológicas deformacionais da área pesquisada, segundo sua natureza dinâmica; mapear e cadastrar os poços (amazonas e tubulares) existentes na área pesquisada; Correlacionar os padrões litológicos, as estruturas geológicas e os dados dos poços da área pesquisada, para fins de selecionamento de zonas de retenção e armazenamento d'água; e Tentar achar subsídios para promover a redução do índice de erros na locação de poços na área pesquisada.

LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

Á área da pesquisa está localizada na região Quartzítica do Seridó/Sabugí paraibano, compreendendo um total de aproximadamente 270 km², sendo delimitadas

pelas coordenadas geográficas 36° 55' 00'' – 37° 05' 00'' de longitude Oeste e 06° 42' 00'' – 06° 50' 00'' de latitude Sul (Fig. 1).

O acesso à área da pesquisa, a partir da cidade Campina Grande – PB, é realizado através da

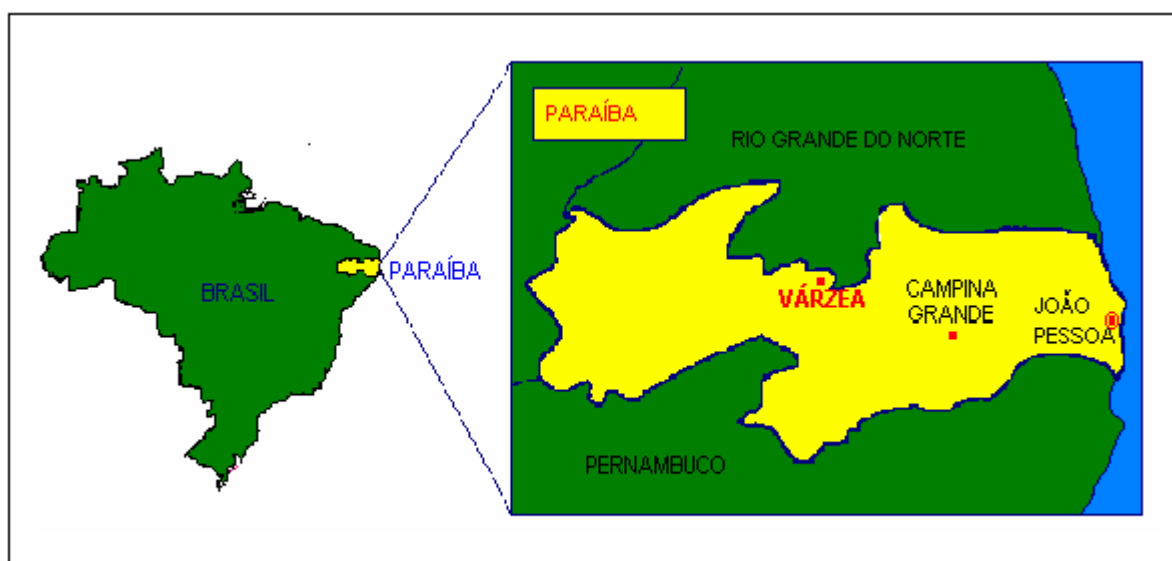


Figura 1 – Mapa de localização da área de pesquisa.

BR-230 até a cidade de Santa Luzia – PB, num percurso de aproximadamente 120 km, a partir de onde, através da PB-233, num percurso de cerca de 14 km, chega-se à cidade de Várzea – PB, pólo da presente pesquisa.

METODOLOGIA, MATERIAIS E SISTEMÁTICA.

Metodologia

Os trabalhos foram divididos em três etapas distintas: A primeira, de planejamento, através de pesquisa bibliográfica e cartográfica, com base aerofotogramétrica e imagem de RADAR, para identificação de estruturas e levantamento do material de suporte técnico; A segunda, de execução dos trabalhos de campo, através do uso do GPS, bússola geológica e outros equipamentos, para realização de levantamentos sobre localização dos afloramentos das rochas, medição dos azimutes das fraturas, descrição litológica localizada, verificação e caracterização das fraturas, localização e mapeamento dos poços e registro dos demais parâmetros e coordenadas geológicas possíveis; e a terceira, de análise, correlação, interpolação e interpretação dos dados, através da confecção de mapas, perspectivas (3D), tabelas, diagramas, estudos geoestatísticos e ferramentas computacionais (Excel, StereoNet e autoCAD 2000).

Sistemática

A partir das Folhas da SUDENE, delimitou-se a área da pesquisa, ao mesmo tempo em que, dividiu-se a mesma em três subáreas, Sul, Norte e Oeste, polarizando-se o centro dos trabalhos na sede da cidade de Várzea–PB e configurando-se a área da pesquisa de forma retangular, com sua extremidade mais alongada no sentido W/E (Fig. 2). Aqui neste artigo discutido resultado da pesquisa feita na sub-área do norte, a qual pode ser generalizada para as outras sub-áreas da região.

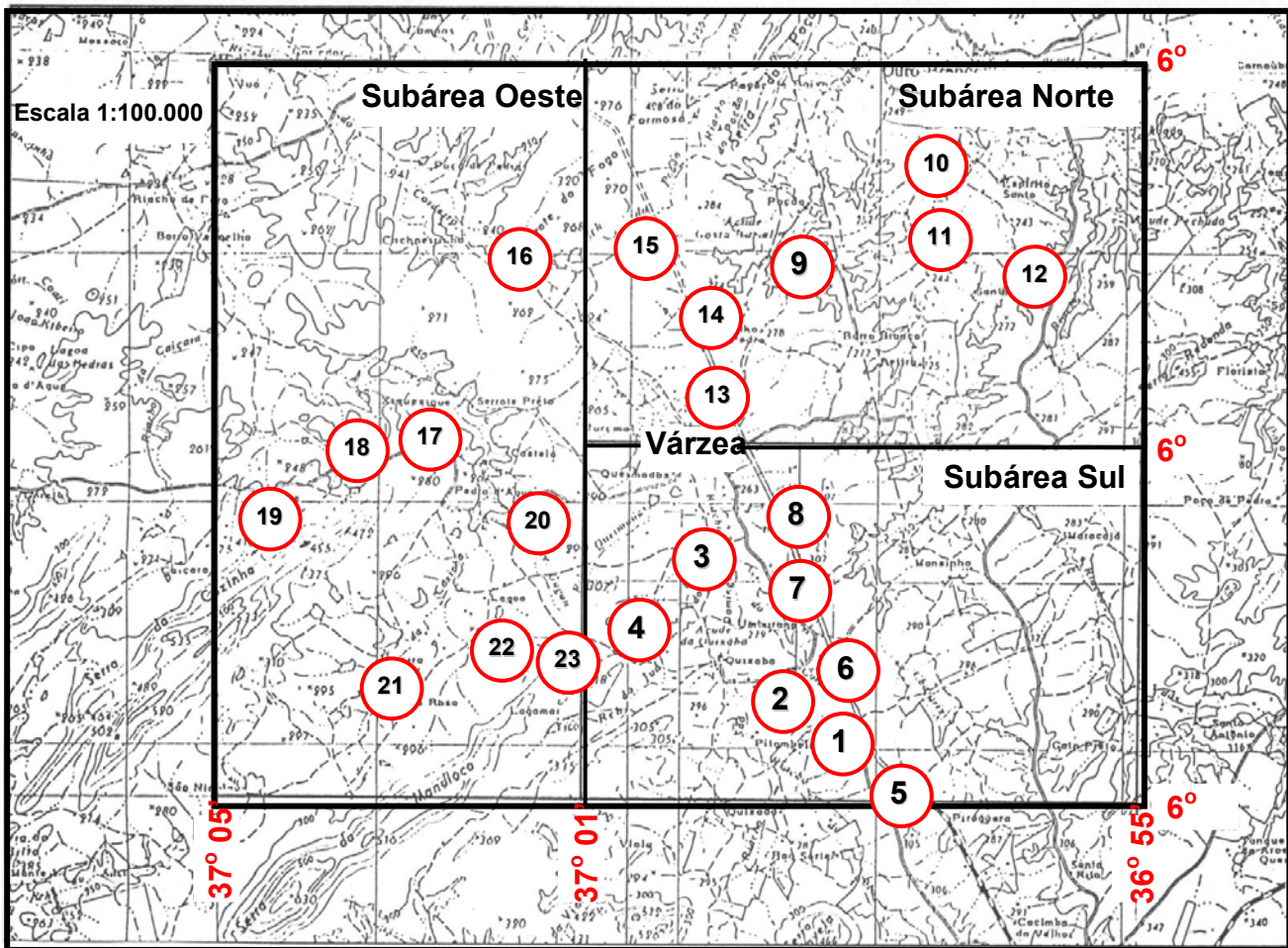


Figura 2 – Mapa dos afloramentos da área da pesquisa
 FONTE: Adaptado SUDENE (1982)

A partir do mapa geológico do estado da Paraíba, fez-se a sobreposição das subáreas, obtendo-se um esboço geológico localizado (Fig. 3). O mapa mostra a geologia da região, composta de complexo gneissico (cor róseo no mapa) e xistos e quartzitos (de cor laranja e azul).

37°00'

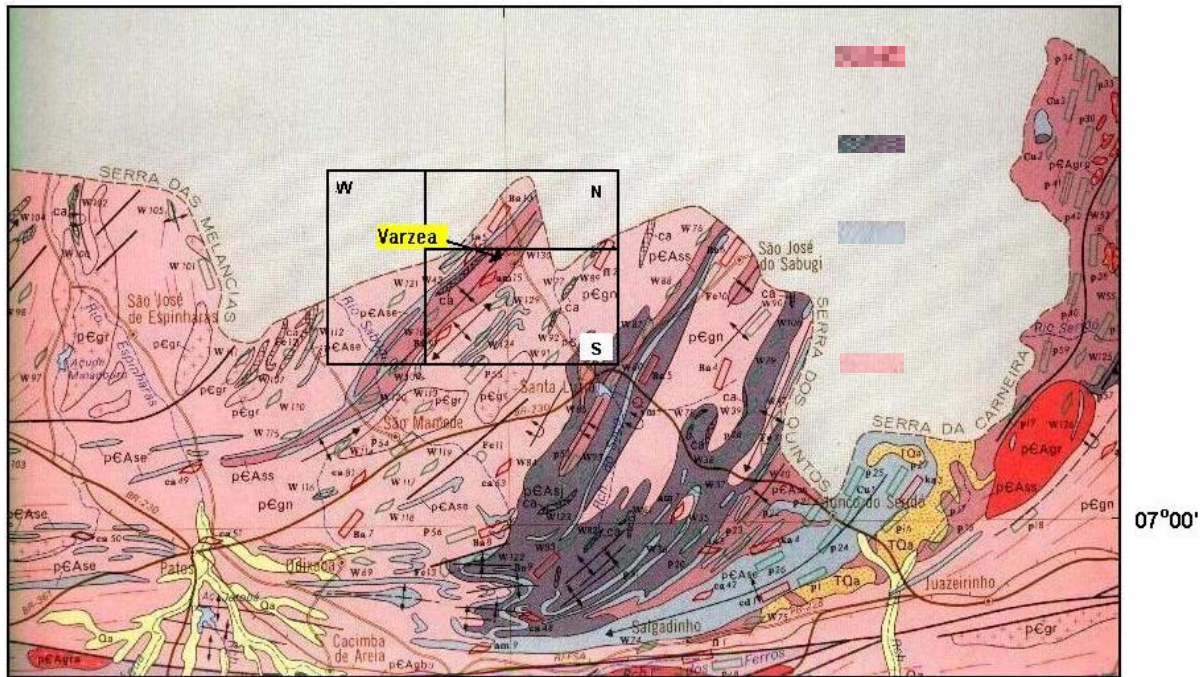


Figura 3 – Mapa geológico da área de estudo. (CDRM, 1982)

No campo, após reconhecimento topográfico e geológico da área da pesquisa e com base no que fora planejado na etapa anterior, desenvolveu-se de forma seletiva e representativa, a medição de parâmetros geológicos (direção, sentido e ângulo de mergulho da fratura, e da foliação, da xistosidade e do acamamento, quando possível) e o levantamento das coordenadas geográficas (latitude e longitude) e, da altitude dos afloramentos e dos vértices da área (e subáreas), bem como, dos poços amazonas e tubulares existentes na região. A seleção dos afloramentos foi realizada de acordo com a distribuição espacial dos mesmos dentro das subáreas pesquisadas, ressaltando-se que, além de ser destinada uma ficha cadastral para cada um deles, também foi realizada criteriosa amostragem dos mesmos.

Posteriormente, com base na frequência de ocorrência e no espaçamento das fraturas em cada afloramento e na área da pesquisa, auxiliará na classificação das famílias das mesmas. Para a classificação das fraturas, foi adotado o seguinte critério: fraturas frequentes no afloramento, fraturas frequentes regionais e fraturas não-frequentes: Fraturas frequentes no afloramento – aparecem com frequência, com distância ou espaçamento entre si, variando de centímetros à metros. Foram subdivididas em muito frequentes, frequentes e pouco frequentes.

As fraturas frequentes foram classificadas segundo o grau de ocorrência, em alto, médio e baixo: a) Baixo – grau de ocorrência variando até 2 vezes; b) Médio – grau de ocorrência variando até 3 vezes; e c) Alto – grau de ocorrência variando acima de 3 vezes. Fraturas frequentes regionais

Tabela 1– Fraturas dos afloramentos da subárea norte.

AFLORAMENTO	09			10			11			12		
COORDENADAS	latitude	longitude		latitude	longitude		latitude	longitude		latitude	longitude	
		06°44'15" "	36°58'32" "		06°43'00" "	36°57'06" "		06°44'24" "	36°57'17" "		6°44'32" "	36°57'14" "
FRATURAS	Dir. Frat.	Dir. Mer. g.	Âng. Merg.	Dir. Frat.	Dir. Merg.	Âng. Merg.	Dir. Frat.	Dir. Merg.	Âng. Merg.	Dir. Frat.	Dir. Merg.	Âng. Merg.
I	325	65	69	325	50	83	40	–	90	35	125	65
II	230	320	69	295	–	90	100	–	90	120	45	42
III	140	50	80	246	–	90	140	230	80	230	145	82
IV	260	170	69	–	–	–	220	–	90	220	130	59
V	308	225	87	–	–	–	–	–	0	–	–	–
VI	280	190	76	–	–	–	355	–	90	–	–	–
VII	15	105	60	–	–	–	–	–	–	–	–	–
VIII	340	–	90	–	–	–	–	–	–	–	–	–

AFLORAMENTO	13			14			15		
COORDENADAS	latitude	longitude		latitude	longitude		latitude	longitude	
		06°45'42" "	36°59'42" "		06°44'58" "	36°59'48" "		06°44'02" "	37°00'12" "
FRATURAS	Dir. Frat.	Dir. Merg.	Âng. Merg.	Dir. Frat.	Dir. Merg.	Âng. Merg.	Dir. Frat.	Dir. Merg.	Âng. Merg.
I	230	–	90	245	330	55	220	120	75
II	310	–	90	320	35	40	340	240	62
III	330	60	72	310	220	82	320	50	59
IV	250	170	72	335	250	58	300	50	57
V	–	–	0	210	–	90	–	–	0
VI	220	–	90	–	–	–	120	210	80
VII	–	–	–	–	–	–	128	215	38
VIII	–	–	–	–	–	–	310	220	7

– apresentam a mesma direção e frequência e são comuns em vários afloramentos da região, com espaçamento variando em dezenas de metros; foram subdivididas tomando-se por base os mesmos critérios utilizados para as fraturas frequentes nos afloramentos. Fraturas não frequentes – não são comuns e não aparecem com frequência nos afloramentos da região.

Os dados foram utilizados para confeccionar seguintes itens para interpretações: Mapa de plotagem dos afloramentos; Mapa de cadastramento dos poços tubulares e amazonas; Mapa de fraturas das subáreas pesquisadas; Perspectiva (3D) dos planos de fraturas dos afloramentos.

SUBÁREA NORTE

A subárea estudada ocupa uma superfície de aproximadamente 81 km², correspondendo a cerca de 30% da área total da pesquisa, sendo delimitada pelas coordenadas geográficas 36° 55' 00" – 37° 01' 00" de longitude Oeste e 06° 42' 00" – 06° 46' 00" de latitude Sul. Foram pesquisados um total de 7 afloramentos, envolvendo em média, 40 fraturas, e coletados aproximadamente 120 parâmetros geológicos.

Regionalmente a geologia da subárea em estudo apresenta-se inserida no Complexo Gnáissico-Migmatítico (incluindo calcário cristalino), destacando-se as formações pré-cambrianas do Grupo Seridó, com registro para as Formações Equador, Jucurutu e Seridó, além de corpos granitóides intrusivos. (Fig_3). A subárea apresenta muitas zonas de contato entre os quartzitos e os gnaisses (estes últimos aparecem em menor quantidade), e observa-se evidências de possíveis dobramentos. Merecem registro as grandes ocorrências de muscovita-quartzitos, da Formação Equador (em sua maioria bastante fraturada e com zonas discordantes de contato com xistos e com gnaisses). Observa-se bastante presença de fraturas, na sua maioria, apresentando mergulhos sub-verticais a verticais, sendo verificados também, alguns parâmetros com caráter sub-horizontal a horizontal.

Análise e Interpretação dos Dados

Os parâmetros geológicos (direção da fratura, ângulo de mergulho e direção do mergulho) foram lançados através de planilha eletrônica (Excel), agrupando-se as referidas fraturas em famílias, com base na natureza de ocorrência e no espaçamento entre elas. A Tabela 1 mostra a quantidade de fraturas observadas em cada afloramento da subárea estudada, bem como, as respectivas coordenadas geográficas dos mesmos. Um total de 7 afloramentos representativos foram pesquisados, sendo que os mesmos encontram-se plotados no mapa da Fig. 2.

Observa-se que a subárea apresenta-se bastante fraturada, com alta média de fraturamentos por afloramento, como por exemplo, nos afloramentos 9, 11, 13 e 15; observa-se também, planos de contatos geológicos e/ou de fraturas, apresentando caráter sub-horizontal a horizontal, como por exemplo, nos afloramentos 11, 13 e 15 (Tabela 1).

O caráter fraturado, bem como a presença de zonas de contatos litológicos, pode vir a caracterizar a intensidade do processo de deformação, fato que pode ser relacionado à existência de uma sinclinal de comportamento regional, observada na subárea.

Quanto ao espaçamento entre as fraturas, usou-se o mesmo critério adotado para a subárea estada anteriormente a esta foram classificadas qualitativamente em muito freqüentes, freqüentes e pouco freqüentes (Tabela 2). Muito freqüentes – fraturas com espaçamento inferior a 1m;

Tabela 2 – Classificação das fraturas conforme a frequência de ocorrência.

AFL.	9						10					
	Classificação						Classificação					
	Muito Freq.		Frequente		Pouco Freq.		Muito Freq.		Frequente		Pouco Freq.	
Frat.	Dir.	Merg.	Dir.	Merg.	Dir.	Merg.	Dir.	Merg.	Dir.	Merg.	Dir.	Merg.
I	–	–	325	69	–	–	–	–	325	83	–	–
II	–	–	230	69	–	–	–	–	295	90	–	–
III	–	–	–	–	140	80	–	–	246	90	–	–
IV	–	–	260	69	–	–	–	–	–	–	–	–
V	–	–	308	87	–	–	–	–	–	–	–	–
VI	–	–	280	76	–	–	–	–	–	–	–	–
VII	–	–	–	–	15	60	–	–	–	–	–	–
VIII	–	–	–	–	340	90	–	–	–	–	–	–

AFL.	11						12					
	Classificação						Classificação					
	Muito Freq.		Frequente		Pouco Freq.		Muito Freq.		Frequente		Pouco Freq.	
Frat.	Dir.	Merg.	Dir.	Merg.	Dir.	Merg.	Dir.	Merg.	Dir.	Merg.	Dir.	Merg.
I	–	–	40	90	–	–	–	–	35	65	–	–
II	–	–	100	90	–	–	–	–	120	42	–	–
III	–	–	140	80	–	–	–	–	230	82	–	–
IV	–	–	220	90	–	–	–	–	220	59	–	–
V	–	–	–	0	–	–	–	–	–	–	–	–
VI	–	–	–	–	355	90	–	–	–	–	–	–

AFL.	13						14					
	Classificação						Classificação					
	Muito Freq.		Frequente		Pouco Freq.		Muito Freq.		Frequente		Pouco Freq.	
Frat.	Dir.	Merg.	Dir.	Merg.	Dir.	Merg.	Dir.	Merg.	Dir.	Merg.	Dir.	Merg.
I	–	–	230	90	–	–	–	–	245	55	–	–
II	–	–	310	90	–	–	–	–	320	40	–	–
III	–	–	–	–	330	72	–	–	310	82	–	–
IV	–	–	250	72	–	–	–	–	–	–	335	58
V	–	–	–	–	–	0	–	–	210	90	–	–
VI	–	–	220	90	–	–	–	–	–	–	–	–

AFL.	15					
	Classificação					
	Muito Freq.		Frequente		Pouco Freq.	
Frat.	Dir.	Merg.	Dir.	Merg.	Dir.	Merg.
I	–	–	220	75	–	–
II	–	–	340	62	–	–
III	–	–	320	59	–	–
IV	–	–	300	57	–	–
V	–	–	–	0	–	–
VI	–	–	120	80	–	–
VII	–	–	128	38	–	–
VIII	–	–	310	7	–	–

freqüentes – fraturas com espaçamento variando entre 1 e 4 m; e pouco freqüentes – fraturas com espaçamento acima de 4 m A subárea ora estudada apresenta grande número de fraturas freqüentes, fato que pode ser observado em todos os afloramentos da mesma.

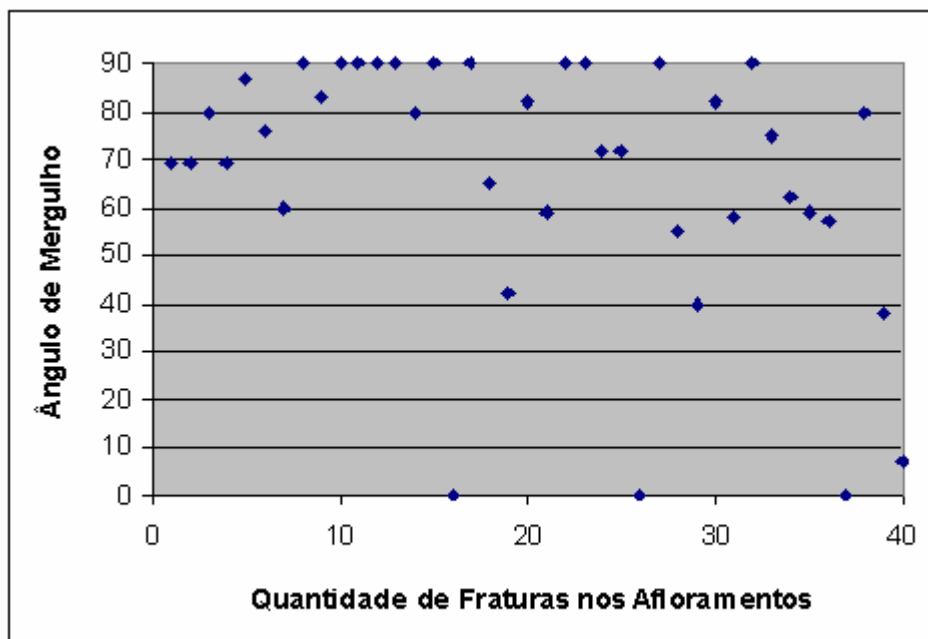


Figura 4 – Diagrama de freqüência de ocorrência de mergulho de fraturas.

Análise Estatística das Fraturas

O ângulo de mergulho e a freqüência de ocorrência foram analisados através de planilha eletrônica (Excel), configurando-se em um diagrama, agrupando as referidas fraturas em faixas definidas, com base na sua quantidade de ocorrência e na maior ou menor intensidade do ângulo de mergulho das mesmas. Um total de 40 ângulos de mergulho foi observado para a subárea em questão, sendo que os mesmos estão representados na Fig. 4.

Nesse diagrama, são plotados os ângulos de mergulho das fraturas de cada afloramento (eixo vertical), e também, a quantidade das fraturas encontradas (eixo horizontal), sendo que os referidos dados são agrupados em ordem crescente para os afloramentos da subárea estudada. Isso vem ajudar a visualizar o comportamento das inclinações das fraturas, geograficamente ou espacialmente, no contexto da subárea em estudo (Tabela 3).

Tabela 3 – Resumo da quantidade de fraturas encontradas x faixas de ângulos de mergulho nos afloramentos da subárea norte

ângulo de mergulho									
< 40°		40° – 60°		60° – 80		> 80°		TOTAL	
N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
5	14	7	17	11	27	17	42	40	100,0



Figura 5 – Histograma do percentual de fraturas por faixas de ângulo de mergulho na subárea norte

Observa-se que numa visualização mais abrangente, constata-se uma distribuição mais homogênea das inclinações das fraturas na subárea estudada, com maior quantidade para as inclinações mais elevadas ($> 90^\circ$) um grande número também para as inclinações entre 60° e 80° , e entre 40° e 60° , ocorrendo, porém em menor número, fraturas com mergulhos mais suaves (Fig. 5).

As variáveis direção da fratura e direção de mergulho, foram analisadas através do StereNet, fornecendo a distribuição espacial das direções preferenciais e secundárias dos referidos parâmetros geológicos dentro da subárea da pesquisa (Fig. 6).

Um total de 40 valores foi utilizado para a elaboração do Diagrama de Roseta, sendo que, a análise do mesmo evidenciou a existência de duas direções principais para os azimutes da subárea: a primeira direção ocorrendo entre N 40° e N 60° e a segunda, ocorrendo em N 130° .

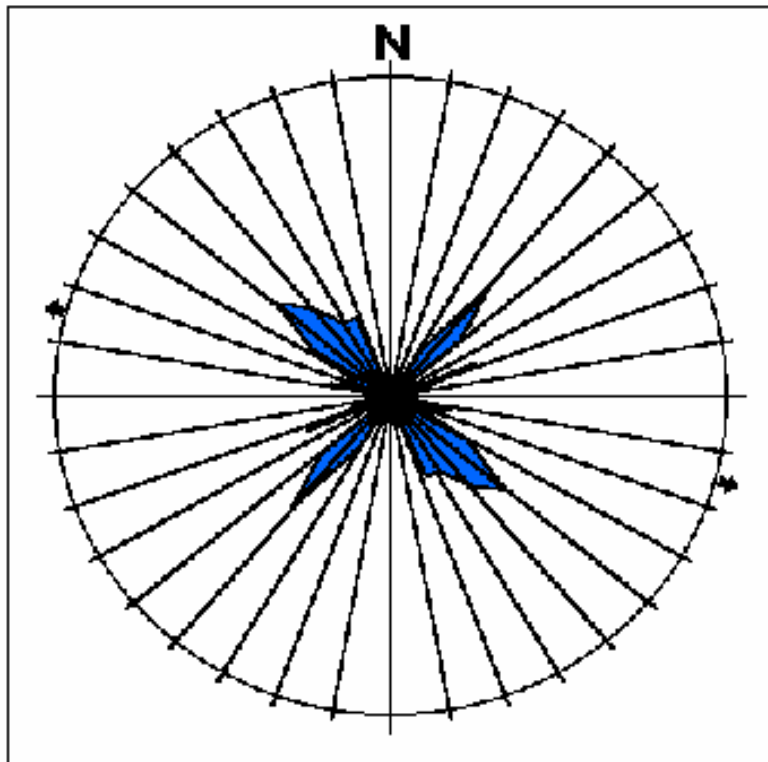


Figura 3 – Diagrama de roseta.

Os azimutes das fraturas, a direção e o ângulo de mergulho das respectivas fraturas, foram plotados através de autoCAD, configurando a distribuição e agrupamento das fraturas dentro da subárea pesquisada (Fig. 7). Em cada afloramento foram plotados os azimutes das fraturas e as fraturas são extrapoladas até o limite de toda a superfície da subárea, em função das mesmas

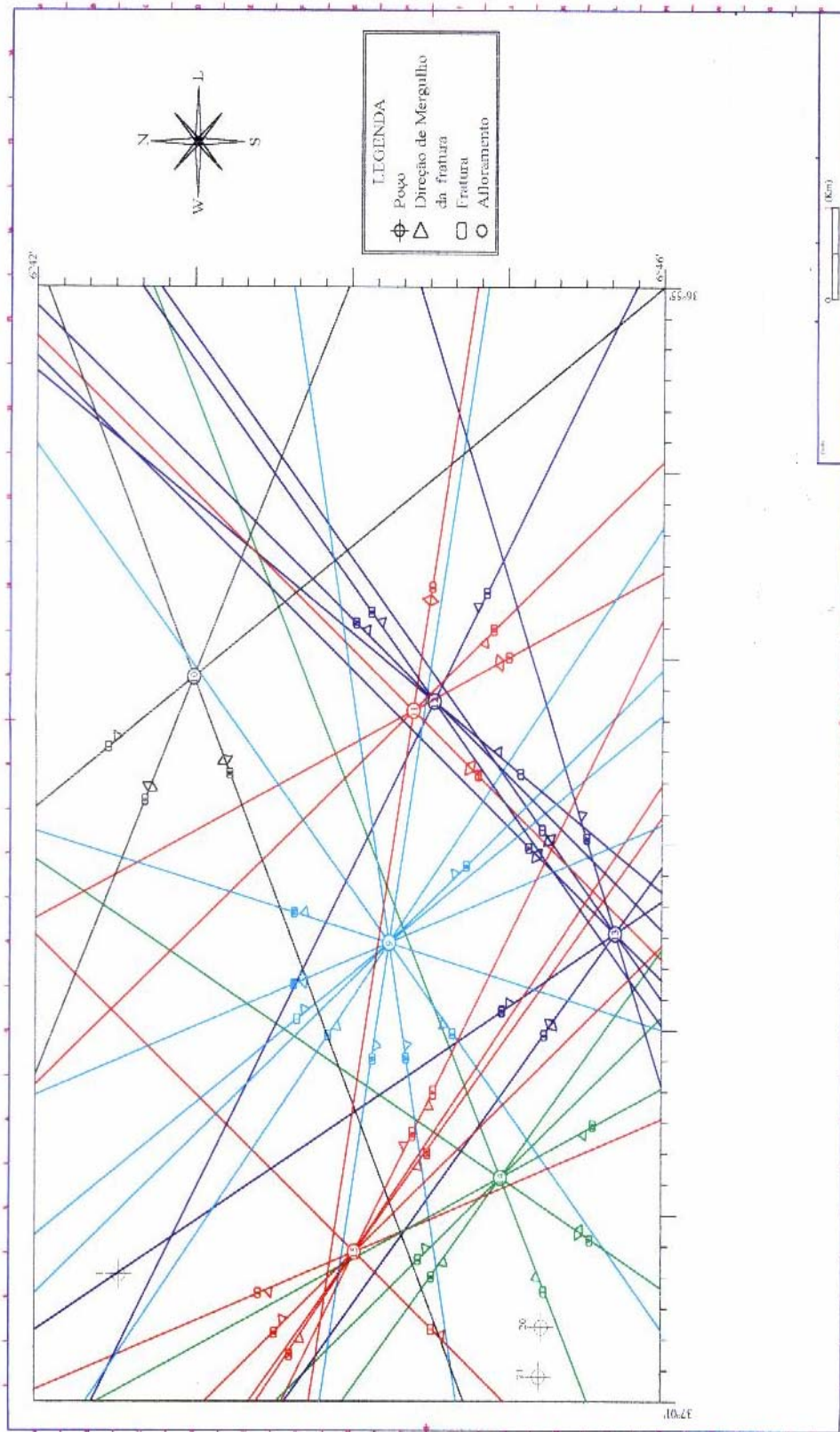


Figura 7 - Mapa de fraturas

distenderem-se segundo um comportamento regional. Isso resultou numa rede de fraturas, a qual vem confirmar a frequência observada na Fig. 6. Estão também plotados nesse mapa, os poços tubulares existentes da subárea, os quais foram correlacionados com os aquíferos existentes e com as fraturas da mesma. Note-se que há 4 poços, 2 no quadrante SW da subárea, próximos ao afloramento 14; 1 na extremidade N do quadrante NW, e 1 na extremidade N do quadrante NE (Fig. 7). Estes últimos, apresentando uma vazão mais elevada em relação aos demais (segundo dados fornecidos pela CDRM – PB).

Os azimutes das fraturas, a direção e o ângulo de mergulho das respectivas fraturas, foram plotados através do autoCAD, em um bloco tridimensional, fornecendo uma visualização clara do comportamento e das disposições dos planos de fraturas no espaço e em sub-superfície (Fig. 8). Os planos de fraturas são representados pelos planos com uma única cor, por exemplo, cada cor tais como amarela ou verde ou vermelha representa os planos de fraturas. Aqui torna evidente as orientações dos planos na sua maioria são quase sub-verticais, com algumas sub-horizontais e ajudou em estabelecer a natureza da rede tridimensional dos planos para as interpretações posterior.

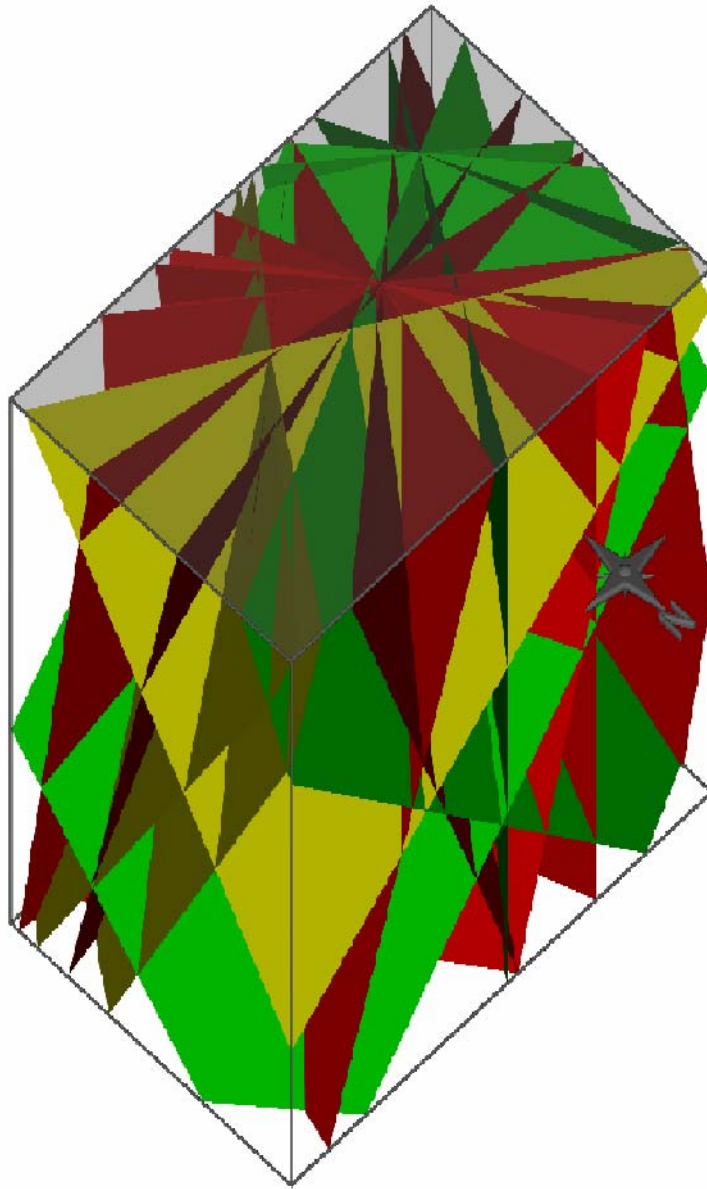


Figura 8 – Diagrama três dimensionais das fraturas da uma parte da área de estudo.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Verificam-se ocorrências de quartzitos bastante fraturados e alinhados segundo a direção NE-SW; pegmatitos e veios de quartzo e feldspato; Biotita xistos mais freqüentes. Ocorrem zonas de contatos geológicos entre os xistos, gnaisses e quartzitos intercalados (zonas micro-fraturadas), configurando cisalhamentos nas bordas dos contatos e evidenciando a presença de micro-fraturamento nessas referidas zonas.

No geral, a subárea apresenta vestígios de dobramentos e caráter bastante fraturado. O acamamento apresenta-se segundo o padrão regional, com valores médios de direção dos azimutes 34° , direção do mergulho 219° e ângulo de mergulho 55° ; em alguns casos, os planos de acamamento apresentam-se sub-horizontais e horizontais; o padrão de drenagem é coincidente com o padrão de lineamento estrutural, com duas direções preferenciais: a primeira entre N 120° e N 150° e, a segunda N 40° . Verificou-se um maior número de fraturas com mergulho sub-vertical e vertical ($42\% - > 80^\circ$), sendo que as demais faixas apresentaram distribuição relativamente homogênea: ($17\% - 40^\circ - 60^\circ$), ($27\% - 60^\circ - 80^\circ$) e ($14\% - < 40^\circ$); o segundo, considerando a freqüência de ocorrência (em função do espaçamento das fraturas entre si), apresentou o seguinte quadro: maior ocorrência de fraturas freqüentes nos afloramentos ($47\% - 1 - 4$ m); número significativo de fraturas pouco freqüentes ($35\% - > 4$ m); menor ocorrência de fraturas muito freqüentes ($18\% - < 4$ m).

Observa-se nessa área, cerca de 20% do total dos poços da área pesquisada, com maior vazão próxima a ocorrência do quartzito. O conjunto dos dados analisados sugere que a subárea apresentou condições favoráveis para o fluxo e recarga da água subterrânea (em relação às demais), porém, menos favoráveis ao armazenamento de água, com base nas seguintes observações:

- a) Predominância de quartzitos associados a xistos e gnaisses;
- b) Presença significativa de fraturas sub-verticais a verticais;
- c) Distribuição homogênea para as demais faixas de ângulo de mergulho das fraturas;
- d) Grande número de “fraturas freqüentes” nos afloramentos;
- e) Número significativo de “fraturas muito freqüentes” nos afloramentos;
- f) Tendência menor para comportamentos sub-horizontais a horizontais dos planos de fraturas e contatos litológicos no domínio da subárea; e
- g) Menor densidade de poços que as demais subáreas e mais elevada média de vazão verificada nas proximidades dos quartzitos fraturados.

Na área de estudo as fraturas apresentaram forte interseção entre si, conseqüentemente, o armazenamento da água ocorre nos locais onde há grande interseção das mesmas, com pequenos espaçamentos entre si, bem como, nas zonas de cisalhamento, onde é grande a concentração de micro-fraturas e fragmentação das rochas;

Verificou-se em todas as subáreas a existência de fraturas ou contatos litológicos sub-horizontais e horizontais, sendo que na subárea sul (no contexto geral) constatou-se um maior número dos mesmos em relação às demais subáreas, ocorrendo também com menor frequência na subárea norte (contexto local), e quase sem representação na subárea oeste. Essas fraturas e os contatos litológicos sub-horizontais e horizontais são de grande valia para a captação da água de infiltração, como também para recarga dos poços de produção.

A análise de todos os parâmetros pesquisados e sua correlação com os dados dos poços existentes na região, associada aos padrões geológicos e estruturais regionais e locais, constituem suporte técnico-científico para o pré-selecionamento de áreas propícias à exploração da água subterrânea na região quartzítica do município de Várzea, no Seridó/Sabugí paraibano.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Costa, W.D & Silva, A.B. 1997. Hidrogeologia dos meios anisotrópicos. em Hidrogeologia - Conceitos e Aplicações (Ed. Feitosa, A.C & Manoel Filho, J.), CPRM, 133 –174.
- Dantas, J.R.A.; Caúla, J.A.L.; Brito Neves, B.B. 1982. Mapa Geológico do Estado da Paraíba. Texto explicativo. Campina Grande: CDRM, 1982. 133 p.
- Doughty, C. & Karasaki, K. 2002. Flow and transport in hierarchically fractured rock. Journal of Hydrology, v.263, No.1-4, p. 1-22.
- Gudmundsson, G. 2000. Fracture dimensions, displacements and fluid transport. Journal of Structural Geology, v.22, p. 1221-123.
- Manoel Filho, J. 1997. Ocorrências das águas subterrâneas. em Hidrogeologia - Conceitos e Aplicações (Ed. Feitosa, A.C & Manoel Filho, J.), CPRM, 13 –33.