



XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

ANÁLISE GEOMÉTRICA DE LINEAMENTOS E SUAS RELAÇÕES COM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS ASSOCIADAS AO AQUÍFERO GUARATIBA - REGIÃO DE CAMPO GRANDE E GUARATIBA, RJ

Cássio de Almeida Pires¹ & Alan Wanderley Albuquerque Miranda²

Resumo – A necessidade hídrica em termos de abastecimento da população é uma realidade tênue, principalmente quando a centralidade da questão é reflexo da evolução dos estudos acerca dos modelos que possibilitem tal tarefa. A exploração de água a partir da perfuração de poços é habitual (e cultural) e as políticas públicas canalizam para essa prática também. Nesse sentido, a análise estrutural, sobretudo rúptil, com fins de incremento ao refinamento dos parâmetros hidrogeológicos, da fase de planejamento à perfuração em aquíferos fraturados, tem se mostrado um fator fundamental para locação de poços exploratórios. A relação entre os lineamentos da região oeste do Maciço da Pedra Branca e a vazão dos poços artesianos locados de maneira dispersa ao longo das regiões administrativas de Campo Grande e Guaratiba, ambas no Rio de Janeiro, foram os objetos de estudo desse trabalho. A tarefa, portanto, foi identificar relações entre ocorrências de poços com vazões anômalas nas proximidades ou coincidentes com determinados padrões geométricos de lineamentos observados em imagens de satélites, devido à dinâmica das águas subterrâneas, resultando em um mapa, confeccionado no software *Arcgis*.

Palavras-Chave – Hidrogeologia, aquíferos fraturados, análise estrutural.

GEOMETRIC ANALYSIS OF LINEAMENTS AND ITS RELATIONSHIPS WITH GROUNDWATERS ASSOCIATED WITH AQUÍFERO GUARATIBA - REGION OF CAMPO GRANDE AND GUARATIBA, RJ

Abstract – The water need in terms of population supply is a tenuous reality, especially when the centrality of the issue is a reflection of the evolution of the studies about the models that enable such a task. The exploration of water from well drilling is habitual (and cultural) and public policies channel to this practice as well. In this sense, the structural analysis, especially the brittle, with the purpose of increasing the refinement of the hydrogeological parameters from the planning phase to the drilling in fractured aquifers, has been shown to be a fundamental factor for the exploratory well location. The relationship between the lineaments of the western region of the Pedra Branca Massif and the flow of artesian wells dispersed throughout the administrative regions of Campo Grande and Guaratiba, both in Rio de Janeiro, were the objects of study of this work. The task, therefore, was to identify relations between occurrences of wells with anomalous flows in the vicinity or

¹ Bolsista do PFRH 239, Petrobras - Discente do curso de Bacharelado em Geologia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRuralRJ & extensionista do Grupo de Agricultura Ecológica da Rural – GAE; x_cassio@hotmail.com

² Geólogo, Dr. - Docente do curso de Bacharelado em Geologia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRuralRJ; alanmirandageo@gmail.com



XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

coincident with certain geometric patterns of lineaments observed in satellite images, due to the groundwater dynamics, resulting in a map, made in Arcgis software.

Keywords – Hydrogeology, fractured aquifers, structural analysis

INTRODUÇÃO

O estudo dos aquíferos fraturados é, além de outros fatores relevantes, fundamental para algumas regiões, devido à baixíssima permeabilidade hídrica na porosidade primária. A compreensão da tectônica rúptil é mais um parâmetro facilitador para a interpretação da dinâmica de formação das fraturas. Em geral, os maciços rochosos são tratados como um meio poroso. No entanto, a análise de áreas desse tipo ainda permanece sem o entendimento dos mecanismos responsáveis pela distribuição de fraturas, bem como da análise das suas características geométricas. Tendo isso em vista, compreender os eventos deformacionais, juntamente com investigações no campo e/ou com base em análise de fotografias aéreas e imagens de satélite, aprimoram ferramentas significativas no âmbito da hidrogeologia.

Os padrões estruturais preferenciais que circundam o Aquífero Guaratiba (Carvalho *et al.*, 2010), na região da Baía de Sepetiba, área do trabalho, são, em sua maioria, NE-SW, e subordinadamente NW-SE e E-W, devido à geração de novas estruturas e reativação de feições estruturais geradas no Ciclo Brasileiro (Trouw *et al.*, 2000). Essas estruturas podem atingir níveis crustais intermediários (10-15Km), permitindo condicionantes hidrogeológicos favoráveis para a preservação e canalização de fluidos, onde determinadas características, como rugosidade e espaçamento constituem aspectos relevantes.

O objetivo do trabalho é analisar a relação entre os lineamentos e as vazões de poços localizados próximos aos trends estruturais preferenciais da região com o auxílio de imagens de satélite e ortofotos na escala de 1:40.000.

Desta maneira, o conceito de riacho-fenda (Siqueira, 1963, 1967), contribui no sentido da hidrografia proporcionar a melhor condição de infiltração e armazenamento de água, em rochas duras fraturadas. Esse termo associa a hidrografia a aspectos estruturais superficiais, condicionados por prolongamentos subterrâneos (figura 1). O riacho-fenda nada mais é do que a conformidade do rio ou riacho com as zonas de fraturas sistematicamente distribuídas na topografia, que, aliás, muitas das vezes são perceptíveis nas fotografias aéreas e imagens de satélite. Se os rios alocados forem perenes, a condição de recarga dos aquíferos é mais segura, permitindo uma exploração sistemática do reservatório.

O Aquífero Guaratiba está localizado nos distritos de Campo Grande e Guaratiba, na cidade do Rio de Janeiro, a oeste do Maciço da Pedra Branca e a leste da Serra de Inhoaíba. Faz parte do contexto de evolução geotectônica da Faixa Ribeira (Heilbron *op. cit.*), no Terreno Oriental (Domínio Costeiro), mais precisamente no contexto do Arco Magmático Rio Negro (Tupinambá *et al.*, 2000 *apud* Valeriano *et al.*, 2012), associado a intrusões alcalinas e sedimentação quaternária.

XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

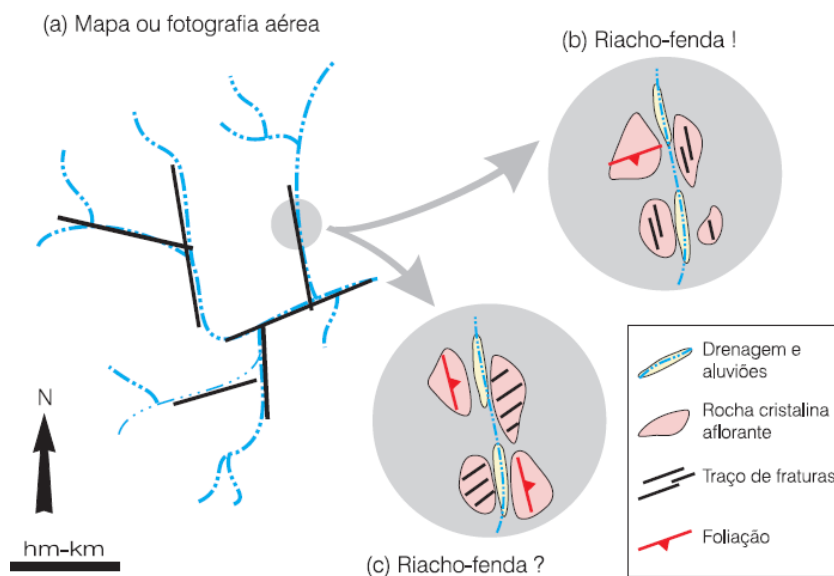


Figura 1 - Ilustração do conceito de riacho-fenda, onde os trechos retilíneos e os cotovelos são encaixados pela drenagem, vistas em fotografias aéreas (a); e em escalas de afloramentos (b,c). Deve-se verificar em campo o padrão de fraturamento paralelo ao *trend* fotointerpretado para validar o modelo de riacho fenda (b). Todavia, o padrão de drenagem retilíneo também pode ser controlado pela foliação das rochas (c), não cabendo a interpretação das fraturas NNW, e sim NE (Feitosa *et al.*, 2008).

MATERIAIS E MÉTODOS

Os métodos utilizados neste trabalho foram organizados em três etapas, quais sejam:

1.1 Aquisição de dados: os dados referentes aos poços existentes na área de estudo, juntamente com as ortofotos e imagens georreferenciadas do software *GoogleEarth* utilizadas no trabalho foram adquiridos nesta etapa. Os poços utilizados são provenientes do cadastro realizado por Carvalho *et al.* (2010) e do Cadastro Nacional de Usurários de Recursos Hídricos – CNARH, adquiridos através do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), perfazendo um total de 26 poços. As ortofotos, elaboradas pela Engefoto Ltda em 2000, foram cedidas pela prefeitura do Rio de Janeiro e têm resolução compatível com a escala 1:10.000.

1.2 Tratamento dos dados: Os dados obtidos de cadastros de poços foram organizados em planilhas eletrônicas (Excel – Office) e depois adicionados ao mapa para as correlações com as análises dos lineamentos. O mapa de lineamentos foi construído no software *ArcMap 10.3.1 (ESRI)*. Os lineamentos foram extraídos com base nos critérios definidos por O'Leary *et al.* (1976), adicionados das seguintes características: elevações topográficas retilíneas e alinhadas, seguimentos retilíneos de drenagem e depressões significativas na topografia, coincidentes com vales ou base de encostas. Os dados de orientação dos lineamentos (azimute) foram extraídos com o auxílio do software *Azimuth Finder 1.1* e, posteriormente, organizados em diagramas de rosetas construídos com o *OpenStereo 0.2.1*. Além das imagens para fins de localização, foram elaborados perfis topográficos a partir do software *GoogleEarth*.

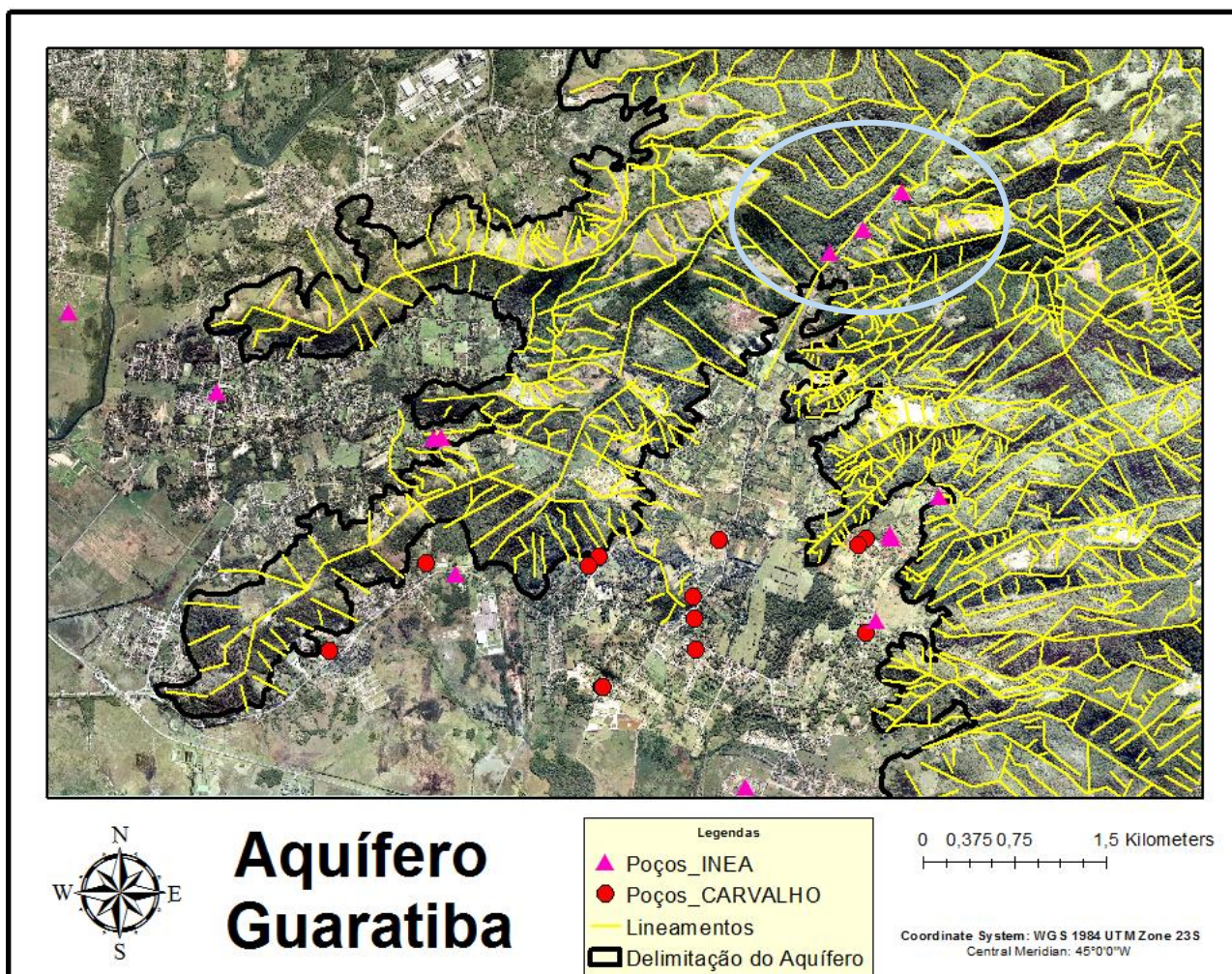
XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os lineamentos traçados a partir das feições estruturais observadas nas imagens da área A1 permitiram visualizar diferentes conjuntos de padrões estruturais. Em termos de “frequência” a quantidade de direções tende ao quadrante noroeste, independente do caimento do plano, enquanto que em termos de “comprimento” a quantidade de direções tende ao quadrante nordeste (figura 2).



Área A1 - Recorte de um setor da região de Campo Grande e Guaratiba, ambos distritos do município do Rio de Janeiro, RJ. Os lineamentos foram traçados junto à demarcação do aquífero Guaratiba e plotação dos poços. Os três poços de maiores vazões foram destacados.

O método convencional de medidas de lineamentos é conhecido como “frequência”. Neste método, para cada lineamento será escrita uma linha de texto com sua medida de azimute no arquivo de saída. Para permitir que a relação entre os lineamentos de maior comprimento e os de menor seja interpretada, criou-se um parâmetro intitulado método do “comprimento”. Neste caso o programa calcula o peso de cada lineamento, sendo este definido pelo número de vezes aproximado

XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

que um lineamento é maior que o lineamento com menor valor de comprimento. Sendo assim, um lineamento com três vezes o comprimento do menor, terá seu azimute escrito em três linhas de texto, dando assim uma evidência desta diferença de comprimento nos diagramas de roseta (Queiroz *et al.*, 2014).

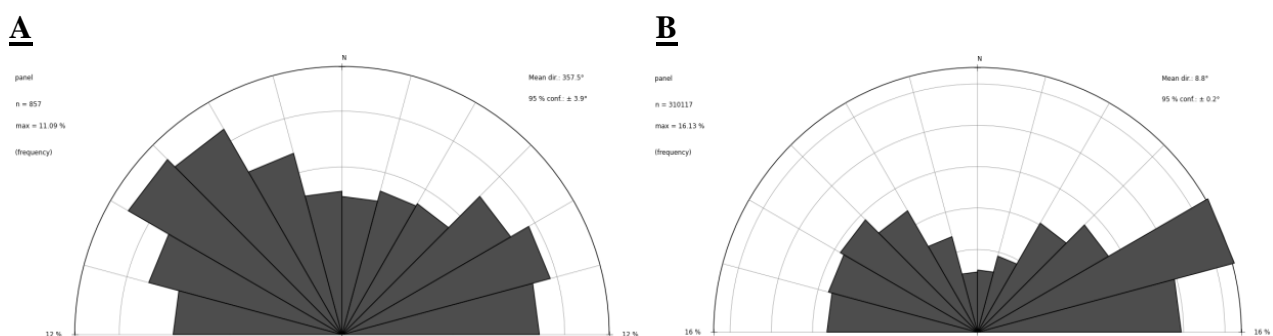


Figura 2 - Diagramas de roseta da área A1. (A) Usando a frequência de lineamentos (n:857, 15°, freq. máx.: 11%); e (B) comprimento dos lineamentos (n:310117; 15°, freq. máx.: 16%).

Vale ressaltar que os lineamentos são condicionados tanto por conta de fraturas (juntas ou falhas), quanto por conta dos contatos litológicos e planos de foliação, onde estão distribuídas as redes de drenagens que sobressaem ao relevo nas imagens.

Sendo assim, a interconectividade das fraturas do aquífero fraturado pode ser dividida em condutos principais (classe nordeste) e subalternos adensados (classe noroeste). Os condutos principais têm maior extensão e poderiam estar conectando diferentes malhas adensadas de fraturas preenchidas de água. Os condutos subalternos adensados, por sua vez, podem ser analisados como vários conjuntos de famílias de curtas fraturas densamente conectadas, ligadas também às de maior extensão.

Os lugares mais adequados para locação de poços fraturados, isto é, com as melhores vazões, seriam os localizados nas regiões de vale (Legrand, 1959; Sever, 1964; Fernandes, 2008). Dos 26 poços analisados os que possuem as vazões mais altas são os poços com 32, 44 e 48 m³/h de vazão (gráfico 1), localizados justamente em um vale (figura 3), embora não o vale central, e sim o de uma sub-bacia hidrográfica da área A1.

Questões a atentar:

- I) Os poços analisados não necessariamente podem estar usufruindo da sua vazão mais alta, talvez devido ao limite potencial da bomba, ou aos limites permitidos pelo INEA, ou até mesmo pela pressão do aquífero;
- II) Se o sistema poroso estiver conectado com o fraturado, devem ser tratados de maneira integrada e única, pois ambos compartilham da pressão atmosférica, caso contrário, devem ser tratados separadamente. Dados geofísicos e teste de bombeamento em um poço podem ajudar a compreender melhor esse cenário;
- III) Não foram realizados testes de vazão em nenhum poço específico do trabalho;

XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS
26 de novembro a 01 de dezembro de 2017
Florianópolis- SC

IV) Foi utilizado o parâmetro “vazão” (volume/tempo), ao invés de “capacidade específica” (vazão/rebaixamento).



Figura 3 - Perfis de relevo na região da bacia hidrográfica correspondente ao aquífero. Foram feitos perfis perpendiculares, nordeste e noroeste, com cores vermelho e azul respectivamente, sobre os três poços de maiores vazões destacados na área A1. É possível perceber que se trata de um vale em altitude sobre um lineamento expressivo.

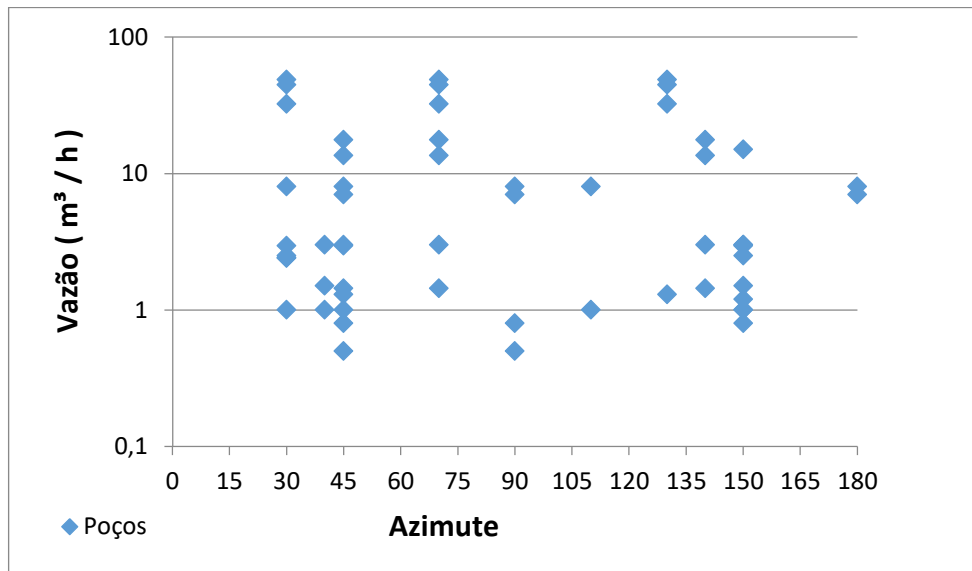


Gráfico 1 - Vazões dos poços da região e possíveis lineamentos mais influentes. Notar que há a possibilidade de mais de um lineamento influenciar no poço.

Nesse sentido, é possível perceber que os poços possuem uma complexa relação e dependência da sua localização. A relação das drenagens e lineamentos juntamente às áreas de recargas compõe a configuração dos possíveis locais mais adequados para locação dos poços, todavia, mediante às classes. A classe noroeste é um parâmetro atrativo de locação em sua proximidade, ou seja, mais próximos das malhas adensadas, representando uma situação como o caso F da figura 4, adaptado possivelmente aos poços localizados a sudeste da bacia, no sopé do maciço. Por outro lado, a classe nordeste pode ser entendida como os casos D ou E, por exemplo, os três poços de maiores vazões, a norte-nordeste, no vale do maciço.

XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

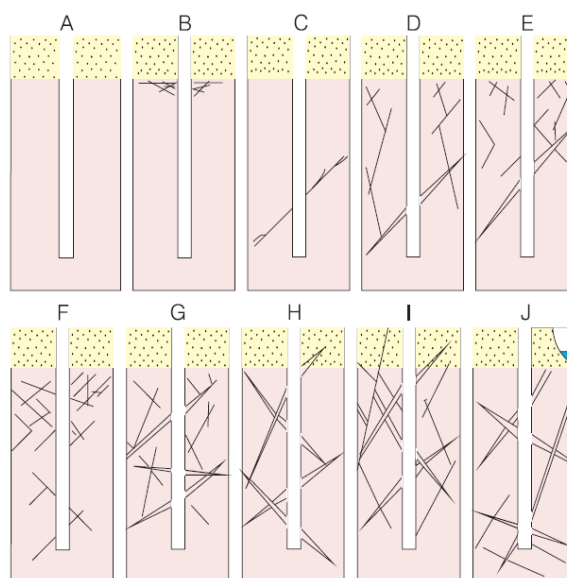


Figura 4 - Variadas situações de poços perfurados em rocha cristalina (modificado de Legrand e Campbell, 1959 *apud* Feitosa *et al.*, 2008).

CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A construção do cenário tectônico é fundamental também à abordagem realizada aqui, uma vez que o melhor parâmetro relacionado à transmissividade dos condutos hidráulicos é o espaçamento das fraturas, preferencialmente resultantes de fraturas extensionais (Fernandes e Rudolph, 2001). Essas fraturas extensionais ficariam mais claras de acordo com a investigação das do campo de esforços.

Com relação às classes, assim conceituadas para facilitar a abordagem das estruturas, há consonância com a literatura, no que diz respeito à probabilidade de encontrar água em quantidades consideráveis no poço, levando em conta a proximidade aos lineamentos (malhas adensadas) e a localização em vales. Dessa maneira, isso sugere boa eficiência visto os poços a norte-nordeste da bacia, que, inclusive, estão sobre um extenso lineamento N30-40E (gráfico 1), e os poços a sudeste, próximos a curtos lineamentos adensados.

Recomenda-se que se faça uma investigação mais sofisticada para que o entendimento dos dados fique mais nítido. Os sistemas de aquíferos fraturados do Aquífero Guaratiba, e suas relações com o aquífero poroso, carecem de estudos aprimorados, entretanto, possuem grande potencial.

AGRADECIMENTOS

Ao PFRH (239) da Petrobrás, pela formação técnica e suporte financeiro para a realização deste trabalho. Ao departamento de Geociências da UFRuralRJ, pelo apoio estrutural e pedagógico. Ao INEA pelo acesso aos dados dos poços. E ao GAE, por me fazer compreender o mundo por um viés mais ecológico, para isso, necessariamente precisando ser entendido em suas várias facetas.



XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, M. G. DE; BARBOSA, G. R.; VICENTE, J. F.; CEZAR, R. M. e CARVALHO, L. (2010). AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DAS REGIÕES ADMINISTRATIVAS DE CAMPO GRANDE E GUARATIBA/RJ. *Águas Subterrâneas*. Relatório Final. 342 p.
- FEITOSA, F. A. C.; JOÃO, M. F.; FEITOSA, E. C. e DEMETRIO, J. G. (2008). *Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações*. 3. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: CPRM; LABHID. 812 p.
- FERNANDES, A. J. e RUDOLPH, D.L. (2001). The influence of Cenozoic tectonics on the groundwater-production capacity of fractured zones: a case study in Sao Paulo, Brazil. *Hydrogeology Journal*, 9(2), pp.151-167.
- FERNANDES, A. J. (2008). Aquíferos fraturados: uma revisão dos condicionantes geológicos e dos métodos de investigação. *Revista do Instituto Geológico, SP*, 29 (1/2), 49-72.
- HEILBRON, M.; PEDROSA-SOARES A.C.; CAMPOS NETO M.C.; SILVA L.C.; TROW R.A.J. e JANASI V.A. (2004). PROVÍNCIA MANTIQUEIRA. In *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Org. por Mantesso-neto, V. ; Bartorelli, A. ; Carneiro, C.D.R. e Brito-neves, B.B. São Paulo, SBG-SP, 1a ed., Editora Beca, p. 203-234.
- LEGRAND, H. (1959). Yeld of wells: USA: Div. Mineral Resources.
- O'LEARY, D. W. ; FRIEDMAN, J. D. e POHN, H. A. (1976). Lineament, linear, lineation: some proposed new standards for old terms. *GSA Bulletin*, v. 87, p. 1463-1469.
- QUEIROZ, G.L.; SALAMUNI, E. e NASCIMENTO, E.R. (2014). *AzimuthFinder*: ferramenta para a extração de dados e apoio na análise estrutural. *Revista do Instituto de Geociências - USP*, 14, 69-80.
- SEVER, C. W. (1964). Geology and ground-water resources of crystalline rocks. U. S. Geological Survey. Information Circular, n. 30.
- SIQUEIRA, L. (1963). Contribuição da geologia à pesquisa da água subterrânea. Recife: SUDENE. 170 p.
- SIQUEIRA, L. (1967). Contribuição da Geologia à Pesquisa de água subterrânea no cristalino. *Água subterrânea*, 9, p.1-29.
- TUPINAMBÁ, M.; TEIXEIRA W. e HEILBRON, M. (2000). *Neoproterozoic western Gondwana assembly and subduction-related plutonism: the role of the Rio Negro Complex in the Ribeira Belt, southeastern Brazil*. *Revista Brasileira de Geociências*, Rio de Janeiro, v.30, n.1, p. 7-11.
- VALERIANO, C.; JUNIOR, R.P.; ALMEIDA, J.; SILVA, L.G.E.; DUARTE, B.; SCHMITT, R.; VALLADARES, C.; NOGUEIRA, J.R.; RAGATKY, C.D.; GERALDES, M. e VALENTE, S. (2012). Geologia e Recursos minerais da Folha Baía de Guanabara SF-23-Z-B-IV, escala 1:100.000. 156 p.