

Uso de imagens de radar na identificação de lineamentos e caracterização de aquíferos fraturados associados à formação Serra Geral, na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul.

Pedro Antônio Roehe Reginato
Siclério Ahlert

Universidade de Caxias do Sul – UCS
Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130 – 95070-560 – Caxias do Sul – RS, Brasil
parregin@ucs.br; sahlert@ucs.br

Abstract. The northeastern region of Rio Grande do Sul is located in an area of volcanic rocks, associated with the Serra Geral formation and this area is drained by the Taquari-Antas river. This region is characterized by the presence of significant number of structural lineaments, associated with fractures and fracture zones. In these fractures, we have the presence of a fractured aquifer, also called Serra Geral. The interpretation of aerial photographs and RADAR images is essential for determining the structural lineaments. These alignments have different orientations (azimuths) and lengths vary substantially. The characteristic of the fracture orientation affects the productivity of wells, and the most productive wells are associated with the northeast and northwest structures. The range of productivity from the wells from 10 m³/h to 20 m³/h has a strong association with the lineaments of northeastern orientation. The wells with flow rates above 20 m³/h have higher correlation with lineaments oriented northwest. Therefore, for fractured aquifers, the geological factor is relevant, because there is strong correlation between the direction of lineaments and productivity of wells. The use of radar imagery contributes substantially in the identification of fracture zones. It is an important resource in the hydrogeological study to help determine the most appropriate locations for future drilling.

Palavras-chave: lineamentos estruturais, hidrogeologia, água subterrânea, RADAR. structural lineaments, hydrogeology, groundwater, RADAR.

1. Introdução

Na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul há a ocorrência de aquíferos fraturados associados às rochas vulcânicas da Formação Serra Geral (Reginato, 2003).

De uma maneira geral, a prospecção de aquíferos fraturados é realizada através da integração de diferentes planos de informações, baseados em dados estruturais, dados geológicos e hidrogeológicos. No entanto, para este tipo de aquífero, o dado geológico de maior importância está relacionado com o sistema estrutural. Esse sistema é caracterizado por estruturas geológicas (fraturas, zonas de fraturas), representadas por lineamentos, que, de um modo geral, são identificados a partir de fotografias aéreas ou em imagens de sensores remotos, especialmente nos comprimentos de onda do infravermelho para os sensores passivos e, destacadamente nos sensores ativos como o RADAR, bem como na realização de trabalhos de levantamento em campo.

Este trabalho tem por objetivo apresentar os resultados do uso de imagens de radar na identificação de lineamentos e caracterização hidrogeológica de aquíferos fraturados associados à Formação Serra Geral na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul. Especificamente, objetivamos relacionar o sistema de lineamentos com a dinâmica hidrogeológica, como a vazão dos poços tubulares perfurados em diferentes contextos estruturais.

2. Localização

A área de estudo está localizada na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, e abrange uma área de 2410 km² do setor central da bacia hidrográfica Taquari-Antas, envolvendo parcialmente ou integralmente o território de vinte municípios, conforme ilustra o mapa da figura 1. A geologia da região é constituída de rochas vulcânicas da formação Serra Geral, apresentando elevado número de lineamentos estruturais.

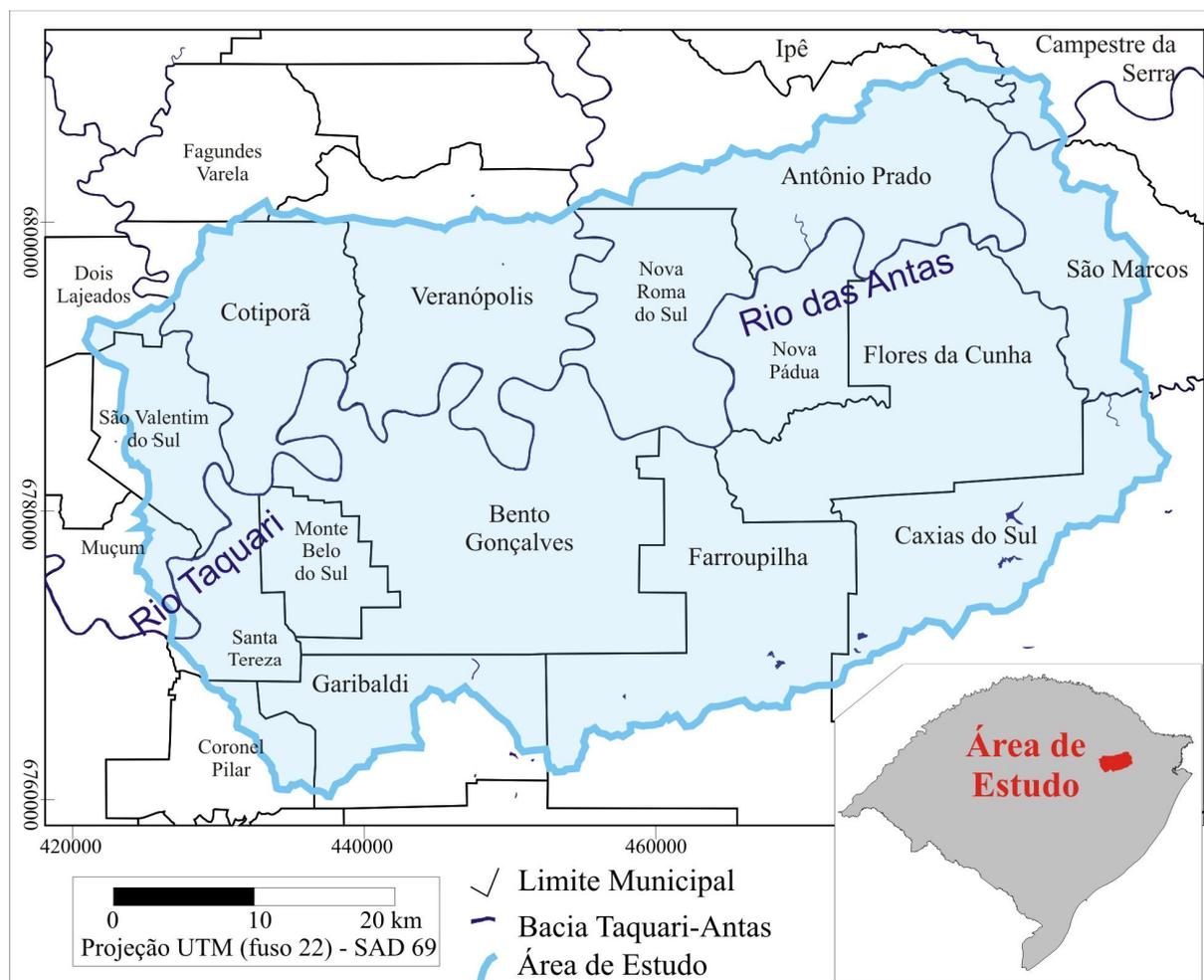


Figura 1: Localização da área de estudo no estado do RS e no contexto regional.

3. Metodologia

Nesse trabalho foram considerados como lineamentos, as estruturas tectônicas representadas por fraturas e zonas de fraturas que constituem conjuntos de lineamentos do tipo 2 (Strieder e Amaro, 1997), associados a rede de drenagem e as estruturas morfológicas da região.

Para identificação dessas estruturas foi utilizado um mosaico de três imagens de radar, do satélite ALOS, sensor SAR, datadas de 11/04/2008 e 10/02/2009 (duas cenas). A partir do mosaico, a identificação dos lineamentos foi feita através de análise visual, observando as feições do terreno, definível pela textura da imagem.

Após a identificação dos lineamentos na imagem de radar foi feita uma comparação com um mapa de lineamentos obtidos através da interpretação de fotografias aéreas, sendo que o mapa obtido com as imagens de radar apresentou uma quantidade maior de lineamentos e melhor definidos. Esse fato decorre da resolução da imagem de radar ser melhor que a escala de interpretação proporcionada pelas fotografias aéreas.

Os lineamentos foram avaliados com relação à quantidade, orientação, comprimento e associação com poços produtivos. Para análise dessa associação foi utilizado um banco de dados de poços tubulares existentes na região que continha informações hidrogeológicas, como profundidade, nível estático, transmissividade, vazão, entre outros dados. A fonte dessas informações foi o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) da CPRM, das prefeituras, empresas de perfuração e usuários.

4. Resultados e Discussões

Nessa região, conforme caracterização realizada por Reginato e Strieder (2006), as estruturas tectônicas foram condicionadas a ocorrência de dois campos tensionais (padrão ortogonal com orientação Norte-Sul e Leste-Oeste). O resultado desses esforços foi a geração de fraturas trativas paralelas e sub-paralelas ao eixo de tensão principal σ_1 que, em geral apresentam preenchimento, e fraturas híbridas e de cisalhamento (obíquas entre os eixos de compressão e tração) que, podem ou não, estar preenchidas. As fraturas que não estão preenchidas apresentam porosidade secundária e são as condicionadoras dos aquíferos fraturados.

Foram identificados na imagem de radar 4367 lineamentos do tipo 2, conforme é apresentado no mapa da figura 2, sendo que estes lineamentos estão associados a diferentes quadrantes: Nordeste, Noroeste, Norte-Sul e Leste-Oeste. Com a integração de dados pode-se determinar a relação existente entre o sistema estrutural e os aquíferos fraturados. Observou-se que a ocorrência de poços produtivos está associada a diferentes orientações de lineamentos. A densidade e cruzamento de lineamentos não apresentaram grande relação com a ocorrência de poços produtivos.

Dessa forma, fica evidenciado que na região, os poços produtivos estão associados, principalmente, as estruturas nordeste e noroeste. O intervalo de vazão 10 a 20 m³/h possui maior associação com os lineamentos de orientação nordeste, enquanto que vazões acima de 20 m³/h possuem maior relação com lineamentos de orientação noroeste. Por outro lado, foi identificada uma correlação entre poços tubulares nulos e os diferentes grupos de estruturas, principalmente o grupo nordeste. Isso evidencia que as estruturas que constituem os diferentes grupos apresentam comportamentos diferenciados com relação à ocorrência de água subterrânea.

A análise das orientações de cada grupo de lineamentos e a sua correlação com poços tubulares produtivos mostra que, para os lineamentos noroeste, as orientações N30 – 60W são as principais. Para as estruturas nordeste as orientações N20 – 30E, N40 – 50E e N70 – 80E são as que possuem maior associação a aquíferos fraturados. No caso dos lineamentos norte-sul e leste-oeste as direções N00 – 14E e N80 – 90W apresentam maior ocorrência de poços produtivos.

A análise do sistema estrutural e sua relação com os aquíferos fraturados da Formação Serra Geral permite determinar que o principal condicionante, corresponde ao sistema estrutural. Sendo assim, nos processos de prospecção de água subterrânea, nessas regiões, devem ser realizados estudos visando a caracterização estrutural da área, envolvendo a interpretação de lineamentos.

O avanço alcançado nos sensores ativos que apresentam maior resolução espacial, além de uma diversidade maior de sensores, torna o uso das imagens de RADAR, uma ferramenta potencialmente importante no estudo hidrogeológico. A interpretação visual das imagens é feita atentando para as variações texturais da imagem, que representam as variações morfológicas da superfície. Esses elementos podem ser bem percebidos na figura 2.

A produtividade (vazão) dos poços estando associada com a direção (azimute) dos lineamentos proporciona a possibilidade de utilizar imagens de sensores ativos, como ferramentas indispensáveis na prospecção de locais adequados para a perfuração de poços tubulares, priorizando a perfuração em locais onde o controle estrutural dos lineamentos esteja associado com as orientações de maior produtividade. É importante destacar, contudo, que a direção do alinhamento não pode ser tomada como único critério, devendo essa informação ser complementada com outros caracteres do contexto hidrogeológico.

Na figura 3, percebe-se a grande variabilidade na produção do aquífero Serra Geral, sendo essa uma das características do aquífero fraturado da região nordeste do Rio Grande do Sul. Na área de estudo, ocorrem poços nulos (secos) ou com produção insignificante, até poços com produtividade acima de 80 m³/h.

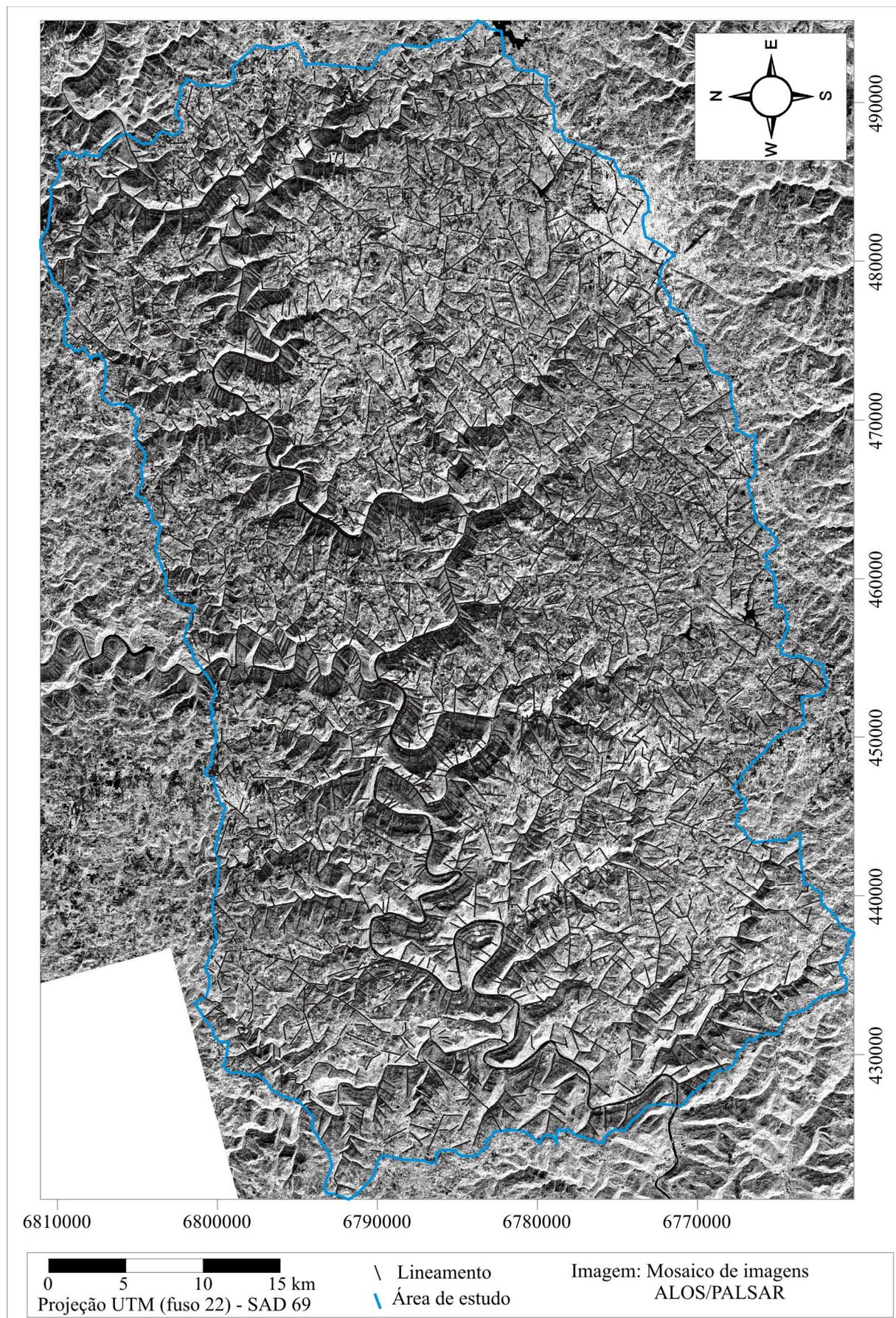


Figura 2: Imagem de RADAR da área de estudo com a delimitação dos lineamentos identificados visualmente

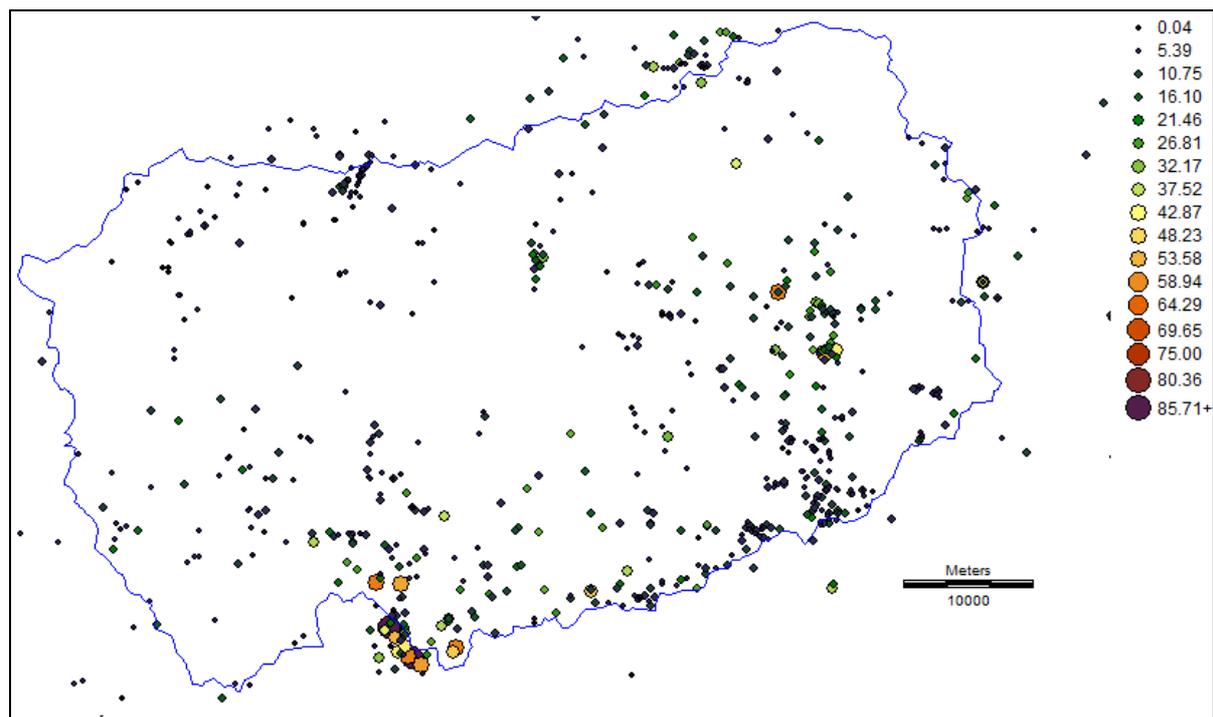


Figura 3: Variabilidade da vazão dos poços (em metros cúbicos por hora) na região nordeste do Rio Grande do Sul.

Na figura 3 acima, percebe-se a variabilidade e complexidade do aquífero, apresentando poços com alta vazão circundados por poços de produção limitada. A concentração de poços de maior produção abrange os municípios de Garibaldi, Farroupilha e Flores da Cunha (veja figura 1), circundados por municípios que passam por racionamentos quando da ocorrência de eventuais estiagens na região.

A figura 4 apresenta uma correlação entre a produtividade dos poços e a ocorrência dos principais lineamentos estruturais, numa área do município correspondente ao município de Nova Pádua (veja figura 1). Nesse setor, temos a presença de lineamentos em densidades e direções diferentes. Percebe-se que, uma maior presença de lineamentos no setor sul do mapa da figura 4, no entanto, isso não representa uma maior produtividade dos poços próximos.

Já no setor norte do mapa da figura 4, temos a presença de um lineamento de maior extensão (possivelmente se constituindo numa zona de fraturas, com presença de lineamentos paralelos menores), com rumo próximo a N80-90W. Nessa área temos a ocorrência nas proximidades, de três poços de produção significativa no contexto local (16,0 m³/h ; 11,0 m³/h e 25 m³/h). Nas proximidades, outro poço associado a uma orientação de lineamento nordeste, tem uma vazão significativamente menor (2,5 m³/h).

No setor mais ao sul do mapa (figura 4), temos a existência de cinco poços, próximos a lineamentos com orientação nordeste e noroeste, ambos com rumos próximos de 30°. Desses poços, quatro apresentam vazões baixas (3,0 m³/h; 0,5 m³/h; 2,0 m³/h e 5,0 m³/h;) e um com uma vazão um pouco maior (9,0 m³/h). Esses dados mostram que essas orientações nesse local são desfavoráveis para a ocorrência de poços produtivos, ainda que a densidade de fraturas e o cruzamento de fraturas ocorram nesse local. No entanto, em outros locais da área de estudo, poços associados às mesmas direções de lineamentos dos poços acima mencionados, apresentam vazão mais expressiva, o que demonstra a complexidade do aquífero.

As informações apresentadas caracterizam uma forte influência da orientação dos lineamentos na definição da produtividade dos poços do aquífero fraturado Serra Geral,

sobrepondo em importância outros aspectos como densidade de fraturas e mesmo a sua extensão.

A situação apresentada se constitui numa exemplificação de um processo que se repete em outros locais da área de estudo, em diferentes amplitudes, o que evidencia a importância do aspecto da orientação do lineamento.

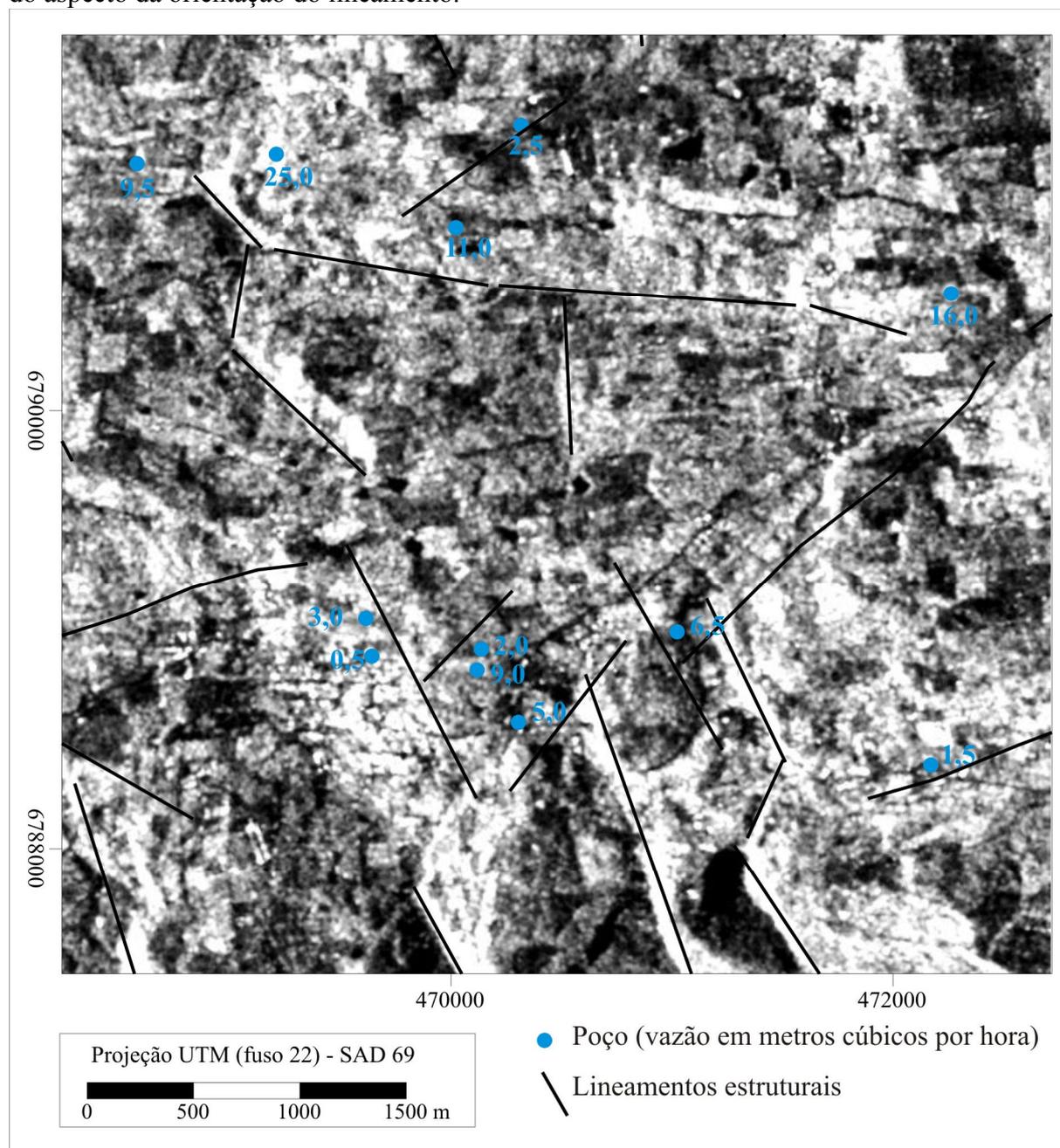


Figura 4: Lineamentos estruturais marcados sobre imagem de RADAR na região de Nova Pádua - RS, com a locação de poços, mostrando a variabilidade da produção hídrica e a relação com a orientação.

5. Conclusões

Os aquíferos fraturados possuem como principal condicionante geológico o sistema estrutural (ocorrência de fraturas e zonas de fraturas), sendo que a identificação dessas estruturas pode ser realizada através da interpretação de diversos produtos: imagens de satélite, radar e fotografias aéreas.

Nesse trabalho, fica evidenciado que a utilização de imagens de radar é uma ferramenta que apresenta uma melhor resposta na identificação de estruturas, pois na comparação com o levantamento realizado por fotografias aéreas, foi identificado um maior número de estruturas, possibilitando uma delimitação mais detalhada e precisa.

Com a integração dos dados, observou-se que há uma forte correlação entre os lineamentos e a ocorrência de poços tubulares produtivos. Nesse caso, as estruturas de orientação nordeste e noroeste são as principais. O intervalo de vazão 10 a 20 m³/h possui maior correlação com os lineamentos de orientação nordeste, enquanto que vazões acima de 20 m³/h possuem maior relação com estruturas noroeste. As orientações N30 – 40W, N50 – 60W, N20 – 30E, N00 -14E e N80 – 90W são os rumos que apresentaram maior associação com poços produtivos que tinham vazões maiores que 20 m³/h.

Esses resultados evidenciam a existência de estruturas que apresentam comportamentos diferenciados, pois há orientações preferenciais que estão associadas a poços produtivos ou nulos. Além disso, observou-se que dependendo da região há uma estruturação tectônica diferenciada o que evidencia a necessidade de uma análise estrutural local das áreas quando da necessidade de locação de poços tubulares.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), pelo financiamento do projeto e a Universidade de Caxias do Sul (UCS), pela disponibilização de laboratórios para o desenvolvimento do presente trabalho.

Referências Bibliográficas

Hasenack, H.; Weber, E. (Org.). **Base Cartográfica Digital da região da Serra Gaúcha**. Escala 1:50.000. Porto Alegre. UFRGS-Centro de Ecologia, Série Geoprocessamento 2. 2007. (CD-rom).

Reginato, P.A.R. 2003. Integração de Dados Geológicos para Prospecção de Aquíferos Fraturados em Trecho da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas (RS). Tese de Doutorado em Engenharia. Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e dos Materiais. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 254p.

Reginato, P.A.R.; Strieder, A.J. 2006. Caracterização Estrutural dos Aquíferos Fraturados da Formação Serra Geral na Região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Geociências**. 36(1):13-22, março de 2006.

Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Sistema de Informações de Águas Subterrâneas. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>. Acessado em 16 de agosto de 2010.

Strieder, A.J. & Amaro, V.E. 1997. Estruturas de Lineamentos Extraídos de Imagens de Sensores Remotos. **EGATEA. Revista da Escola de Engenharia**, Porto Alegre. v. 25, nº 4, julho-agosto de 1997. p.109-117.