

MAGNETOMETRIA E SENSORIAMENTO REMOTO APLICADOS AO MAPEAMENTO REGIONAL DE LINEAMENTOS DE FRATURAS, NO DOMÍNIO DO AQUÍFERO FISSURAL ASSOCIADO À FM. SERRA GERAL, BACIA DO PARANÁ.

Lucas Pereira¹, Maria Silvia Carvalho Barbosa², Paulo Cyro Baptista Scudino³.

RESUMO

O presente trabalho, abrangendo as regiões noroeste do Estado de São Paulo e Triângulo Mineiro em Minas Gerais, no contexto geológico da Bacia Sedimentar do Paraná, teve por objetivo o mapeamento das estruturas de fraturamento nos basaltos da Fm. Serra Geral, as quais se constituem descontinuidades características de porosidade e permeabilidade secundárias do sistema aquífero fissural associado a esta unidade lito-estratigráfica. Empregando magnetometria e sensoriamento remoto, como instrumentos metodológicos de investigação, o mapeamento foi embasado na coleta de dados fornecidos mediante a aplicação destes métodos, baseado na grande diferença de profundidade em que estes obtêm seus dados. Isto possibilitou caracterizar estruturas de ruptura e estabelecer uma relação temporal entre as mesmas, sendo as mais recentes aquelas de alta evidência no sensoriamento remoto e baixa na magnetometria.

Os resultados do trabalho indicam que a família de fraturas mais recente, e possivelmente mais apta a conter reservas hídricas, é a de Azimute 0° (N-S), o que se confirma em outros trabalhos anteriormente realizados, integrantes do atual acervo técnico-bibliográfico da região. Este tem como maior contribuição a metodologia utilizada, que ao ser aplicada com dados topográficos e magnetométricos de maior resolução é capaz de obter excelentes resultados.

ABSTRACT

This work, covering regions on the northwest of the state of São Paulo and “Triângulo Mineiro” in Minas Gerais, in the geological context of the “Bacia Sedimentar do Paraná”, aimed to map the ruptile structures in basalts of “Fm. Serra Geral”, which discontinuities hosts reserves of this fractured aquifer system, associated with this unit. Applying remote sensing and magnetometry, as methodological research tools, the mapping was based on the collection of data provided by the application of these methods, based on the large difference in depth as they get their data. This turned it possible to characterize these ruptile structures and establish a temporal relationship between them,

¹Universidade Federal de Ouro Preto – Departamento de Geologia: Morro do Cruzeiro S/N. (31) 8531-2513, pereira781@gmail.com.

²Universidade Federal de Ouro Preto – Departamento de Geologia: Morro do Cruzeiro S/N. (31) 8785-4506, mscbarbosa@gmail.com

³Universidade Federal de Ouro Preto – Departamento de Geologia: Morro do Cruzeiro S/N. (31) 9136-6505, p.scudino@gmail.com

being newer the ones with high evidence in remote sensing and low in magnetometry.

The results indicate that the family of the most recent fractures, and mostly possibly to contain water reserves, is the one with Azimuth 0° (N-S), which is confirmed in other studies previously conducted on the region, composing the current technical and bibliographic collection. This paper has as its greatest contribution to the science, the methodology used, which when applied with high-resolution topographic and magnetic data is able to obtain excellent results.

PALAVRAS-CHAVE:

Aquífero Serra Geral, magnetometria, sensoriamento remoto.

1. INTRODUÇÃO

Compreendida nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, com área de aproximadamente 1.100.000km² no país (Milani *et al.* 1998), a Bacia do Paraná é conhecida, entre outros fatores, por suas grandes reservas de água subterrânea, com três importantes sistemas de aquíferos: Botucatu (Guarani), Serra Geral e Bauru (Feitosa e Filho 2000).

A região foco deste estudo, que engloba o noroeste do Estado de São Paulo, e a região do Triângulo Mineiro no Estado de Minas Gerais, é marcada, durante toda a sua história de desenvolvimento, por intensa atividade agrícola. Esta região atualmente é considerada um dos grandes centros urbanos do país, com polos industriais bem desenvolvidos. Tais atividades, responsáveis pela economia da região, demandam grande quantidade de recursos hídricos, tanto para consumo humano quanto para a produção.

Como apresentado por Fernandes (2008), a tectônica é o fator mais influente na circulação de água em rochas cristalinas, que caracterizam meios aquíferos fissurais, por ser responsável pelas principais características das fraturas, que correspondem os principais caminhos de percolação. A Magnetometria e o Sensoriamento Remoto (SR), métodos investigativos utilizados no presente trabalho, constituem-se duas importantes ferramentas para o estudo dessas feições, através da análise dos lineamentos presentes, tanto em superfície (analisado pelo SR) e abaixo dela (analisado pela Magnetometria).

Busca-se, através da análise qualitativas desses métodos, estudar as condições do Aquífero Serra Geral, na região citada, tendo em vista melhor compreender suas características geológicas regionais a fim de analisar as principais estruturas associadas ao armazenamento e circulação de água subterrâneo em meio aquífero fissural.

1.1 Localização e Geologia Regional

A área de estudo aqui enfocada está compreendida nos estados de São Paulo e Minas Gerais, em região do Triângulo Mineiro, e do Planalto Ocidental Paulista (Ross e Moroz 1997), abrangendo uma área total de cerca de 4.800Km², extensão que se deve ao uso de dados magnetométricos obtidos em levantamento regional da Agência Nacional do Petróleo (ANP).

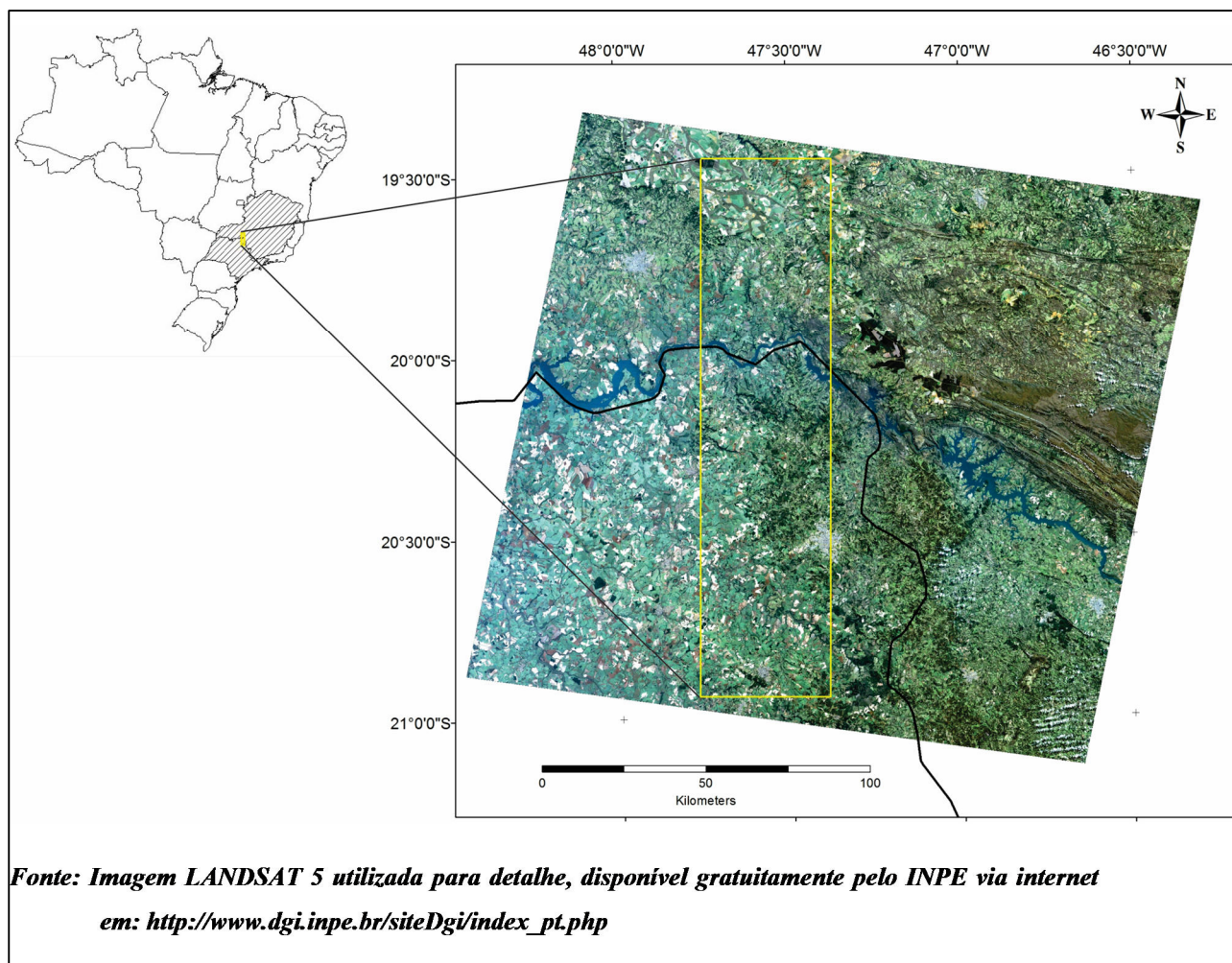


Figura 1. Localização da área de estudo nos estados de Minas Gerais e São Paulo.

A Bacia do Paraná, com área de 1.100.000Km² no Brasil (estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo) e 100.000Km² divididos entre Argentina, Paraguai e Uruguai (Figura 2), apresenta uma espessura de até 8.000m (com média de 6.000m) de registros litológicos, entre rochas ígneas e sedimentares (Milani *et al.* 1998). Nesta sequência litológica estão presentes registros tanto de ambientes marinhos e continentais, incluindo arenitos desérticos, rochas glaciogênicas e fácies marinho raso a transicional, que se consolidaram sucessivamente em uma bacia continuamente remodelada por atividade tectônica. Inclui-se ainda a maior acumulação, em terra, de rochas ígneas do Planeta, o derrame continental basáltico da Formação Serra Geral (Milani *et al.* 1998), alvo principal de estudo desse trabalho.

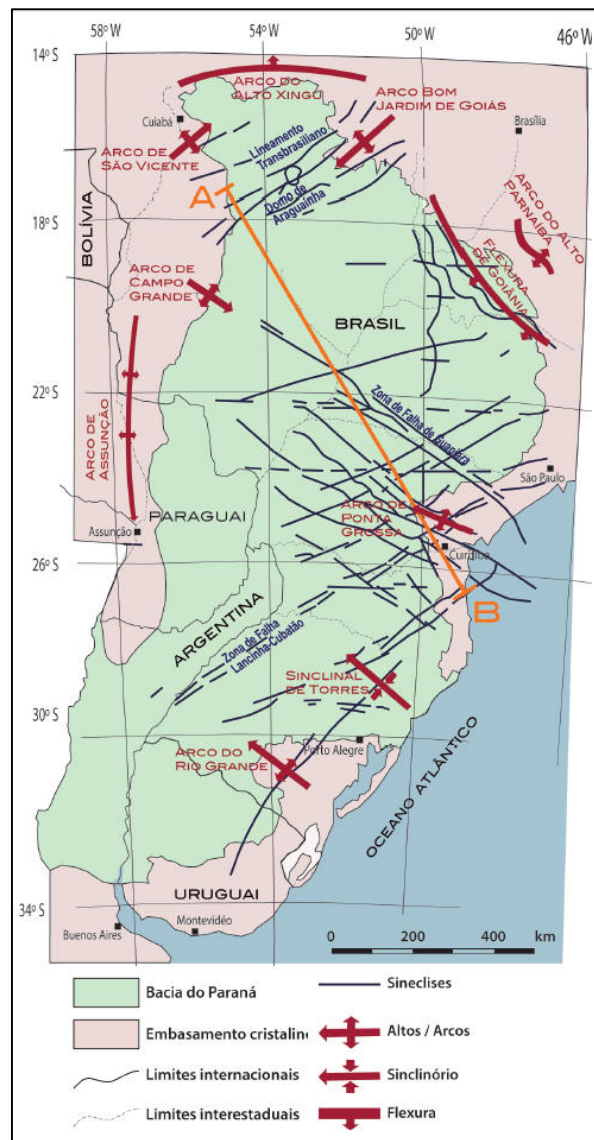


Figura 2. Localização da Bacia do Paraná com suas principais estruturas regionais (Zálan *et al.* 1990 in Hasui *et al.* 2012).

Os cinturões de falhas e dobras do Neoproterozoico definem um padrão predominantemente NE-SW, que representam zonas de fraqueza crustal, que caracterizaram o depocentro da bacia, que coincide aproximadamente com o Rio Paraná (Milani *et al.* 1998). Segundo Milani *et al.* (1998), a borda nordeste da sinéclise da bacia aparenta ter sido controlada por uma estrutura Brasileira local, de *trend* NW-SE. De Wit *et al.* (1988 in Milani *et al.* 1998) concluem que a natureza transtensional favoreceu a abundância de diques a intrudir, bem como a enorme quantidade de lava basáltica que se espalhou sobre toda a bacia.

O pacote completo da bacia é constituído de seis superseqüências, que representam ciclos de subsidências e acumulação de sedimentos, limitado por uma escala de inconformidades bem expressiva da bacia, são elas: Rio Ivaí (Ordoviciano-Siluriano), Paraná (Devoniano), Gondwana I (Carbonífero-Triássico inferior), Gondwana II (Triássico médio a superior), Gondwana III (Jurássico

superior-Cretáceo inferior) e Bauru (Cretáceo superior) (Milani 1997 *in* Milani *et al.* 1998). As quebras na sedimentação junto das inconformidades foram explicadas por Zálan *et al.* (1990 *in* Milani *et al. op. cit.*) como consequências intracratônicas dos picos de orogenia Paleozóica ao longo da margem ativa a oeste do continente e o rifte sulamericano durante o Mesozóico.

Na Bacia Sedimentar do Paraná, o evento de desagregação do Gondwana traduziu-se como uma espessa cobertura de lavas, uma intrincada rede de diques cortando a inteira seção sedimentar e múltiplos níveis de soleiras intrudidas segundo os planos de estratificação dos sedimentos paleozóicos. Praticamente nenhuma região da bacia foi poupada pela invasão magmática e, hoje, após mais de 100Ma de retrabalhamento erosivo, ainda restam cerca de três quartos da área total da bacia recobertos pelas rochas ígneas da Formação Serra Geral, com uma espessura remanescente que se aproxima dos 2.000m na região do Pontal do Paranapanema (SP), onde são encontrados as maiores espessuras da Formação (Milani *et al.* 2007).

As questões estruturais dos basaltos da Formação Serra Geral são de fundamental importância para este trabalho, porém carente de trabalhos geológicos com este foco. Os derrames de basalto apresentam um zoneamento vertical que consiste em: 1) base constituída por vidro e basalto com fraturas horizontais; 2) porção central de basalto denso com fraturamento vertical originado por resfriamento; e 3) topo composto por zona de fraturamento horizontal superposta por zona vesicular amigdaloidal, que pode estar mineralizada por quartzo, calcita, zeólitas ou fluorita (Leinz 1949 *in* Fernandes *et al.* 2010). Ainda segundo o mesmo autor, as regiões constituídas por derrames basálticos apresenta a morfologia em degraus, com patamares sub-horizontais nas zonas vesiculares e de fraturas horizontais, porção em que a decomposição e erosão avança principalmente na horizontal. As encostas de declividade acentuada correspondem a um basalto denso, com fraturas verticais, onde muitas das quedas d'água seriam formadas pelo solapamento desses blocos.

Com trabalhos na região de Bonfim Paulista (SP), a 100Km da região foco do estudo, Fernandes *et al.* (2010) identificaram quatro derrames de basaltos que receberam, da base para o topo, a seguinte nomenclatura: B1, B2, B3, B4. As características de cada um desses derrames encontram-se sumarizadas na tabela 2.1, enquanto a Figura 3 apresenta uma coluna estratigráfica esquemática dos basaltos mapeados neste trabalho.

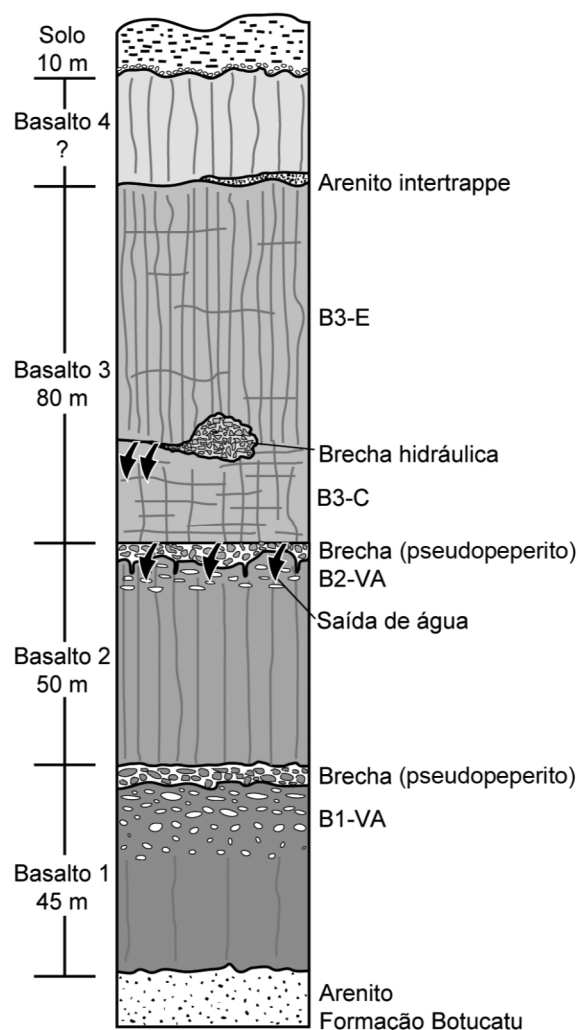


Figura 3. Coluna estratigráfica esquemática dos basaltos mapeados na região de Bonfim Paulista (Fernandes *et al.* 2010).

Os basaltos apresentam fraturas subverticais e subhorizontais, sendo as primeiras originadas no processo de resfriamento do basalto, de forma perpendicular às isotermais, já as segundas formadas muito provavelmente pela contração do derrame durante o resfriamento, com pequeno cisalhamento indicado pelo padrão lenticular e anastomosado das zonas de fraturas. Quanto às fraturas verticais, estas apresentam-se na superfície do terreno como traços retilíneos ou ligeiramente curvos, denominados lineamentos, como ilustrado na Figura 4 (Rocha 2005). As fraturas horizontais, de grande extensão, são talvez as feições mais importantes para o fluxo de água da região de Bonfim Paulista, sendo os contatos entre os níveis B3-C – B3-E e B2 – B3 os mais importantes condutos hídricos (Fernandes *et al.* 2011). Rocha (2005), ao se tratar dos aquíferos fraturados, indica as direções preferenciais de lineamentos portadores de recursos hídricos, sendo o intervalo N10W-N5E o de maior importância, como mostrado na Tabela 1.

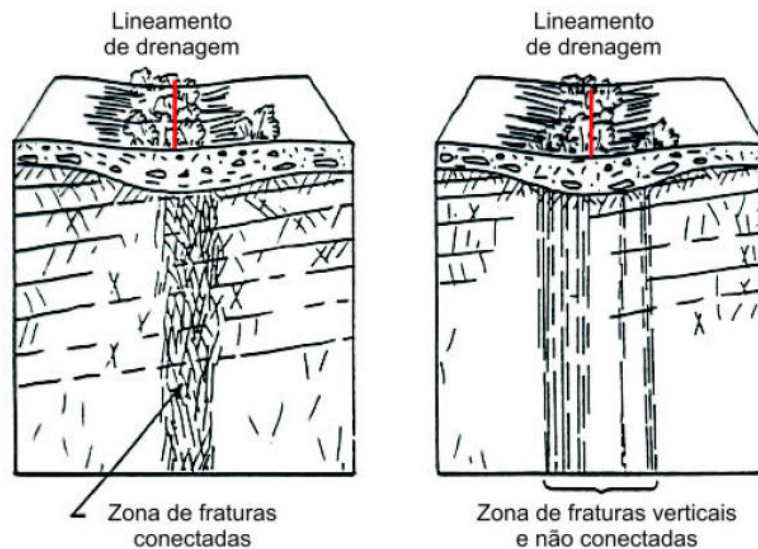


Figura 4. Exemplo de lineamento formado por traço retilíneo de drenagem, associado a uma zona de fratura presente em subsuperfície (Rocha 2005).

Tabela 1. Direções preferenciais de lineamentos em basaltos e rochas pré-cambrianas no Estado de São Paulo (Rocha 2005)

Grupos de Rochas	Intervalos de direções preferenciais em ordem decrescente de importância				
Basaltos	N10W-N5E	N85E-N85W	N40-60W	N55-65E	N35-40E
Rochas pré-cambrianas	N5W-10E	N85E-75W	N30-65W	N60-75E	N25-35E

1.2 Objetivo

Este trabalho teve o objetivo de mapeamento regional, com a caracterização estrutural dos lineamentos de fraturas das rochas basálticas da Fm. Serra Geral na região norte da Bacia Sedimentar do Paraná, tendo em vista correlacionar as estruturas associadas aos eventos mais recentes de rupturas, àqueles lineamentos de fratura mais promissores ao armazenamento e circulação das águas subterrâneas, no âmbito do aquífero fissural associado aos basaltos da Formação Serra Geral.

1.3 Metodologia

A caracterização estrutural das fraturas na região, como foco deste estudo, foi realizada em três etapas, tais sejam, uma primeira fase de revisão bibliográfica sobre a geologia regional, os métodos geofísicos aplicáveis e a ocorrência e distribuição lito-estratigráfica do aquífero fissural associado aos litotipos basálticos da Formação Serra Geral; em uma segunda instância, foi realizado o tratamento e análise de dados magnetométricos e de sensoriamento remoto, enquanto que na última fase se procedeu o tratamento estatístico das estruturas identificadas pelos dois métodos.

Os dados de magnetometria, cedidos pela ANP, foram coletados no período de 6 de abril de 2009 a 23 de maio de 2010 no projeto Aerolevantamento Gravimétrico e Magnetométrico Bacia do Paraná. As linhas de vôo do levantamento estão espaçadas em 6.000m e 18.000 as de controle, com altitude de vôo fixa em 1.800m com 100 leituras por segundo do magnetômetro, equipado com sistema GPS com precisão melhor que 5m. Diversos magnetômetros foram instalados em várias cidades para obter dados para corrigir a variação diurna dos dados.

O banco de dados cedido pela ANP foi tratado com o uso do *software* Oasis Montaj 7.01, responsável por gerar os mapas magnetométricos, a partir do banco de dados, pelo método da mínima curvatura. Após a geração os mapas, esses foram exportados para o *software* ArcGIS 9.3 para delimitação das estruturas e análise conjunta aos outros métodos.

Ainda nesse passo foram tratados também os dados de Sensoriamento Remoto, tendo como base as imagens SRTM (*Shuttle radar topographic mission*), resultado de missão realizada em conjunto pelos órgãos NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) e NGA (*National Geospatial - Intelligence Agency*), ambos norte-americanos, que buscavam como resultado obter a topografia de 80% do Planeta Terra. Essas imagens, acerca do território brasileiro, encontram-se tratadas e disponíveis de forma livre pela Embrapa na internet, através do site: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/index.htm>.

Com base na imagem SRTM utilizada, e com o auxílio do software ArcGIS 9.3 foram geradas primeiramente as curvas de nível da área de estudo, que serviram de base para a geração do Modelo Digital de Terreno (MDT), este utilizado no mapeamento e caracterização e delimitação das estruturas identificadas na região enfocada.

Na terceira e última fase de tratamento e interpretação, para o tratamento estatístico das estruturas delimitadas nos dois métodos, foi utilizado o software livre OpenStereo, cuja análise e avaliação, seguida da integração dos dados e informações geológico-geofísicas de interesse levantadas, possibilitou alcançar o objetivo proposto, de mapeamento dos lineamentos estruturais e caracterização de suas correlações hidrogeológicas de caráter regional.

2. ANÁLISE MAGNETOMÉTRICA E SENSORIAMENTO REMOTO

Este item apresenta os resultados obtidos através dos métodos utilizados neste trabalho, Magnetometria e SR, e trata da discussão destes, de forma individual.

A análise dos dados possibilitou dividir a região de estudo em três setores, em conformidade com seus trends estruturais principais identificados, além da delimitação de estruturas que separam esses setores. Os dados de SR revelaram grande importância nessa setorização, por serem mais ricos

em detalhes e informações de interesse, conformando características mais definidas e inequívocas de cada um dos trends estruturais identificados.

2.1. Magnetometria

O fato do trabalho se embasar em um banco de dados proveniente de um levantamento em baixa resolução, com grande espaçamento entre suas linhas de produção e controle, imprime aos resultados, certa carência de detalhes. Com isso, as análises e discussões aqui apresentadas carecem de informações mais detalhadas, uma vez que uma grande área foi tomada para estudo, relativamente com poucos dados.

A altura média de vôo utilizada neste levantamento foi de 1800m. Isso fez que com que o alcance do método chegasse a profundidades de até 12.000m, com média de 2.800m (Lasa 2010).

A Figura 5 ilustra uma versão do mapa magnetométrico de Campo Anômalo (CA) e uma segunda versão deste mapa interpretado com o tratamento estatístico utilizado. Em geral, a região mapeada tem maior influência de lineamentos com direção E-W a WNW-ENE. Com base na interpretação desta imagem nota-se, nos setores:

- € Norte: A seção norte é marcada por duas magnetofácies de grande expressão. A primeira, mais a norte, mostra um baixo magnetométrico, de forma relativamente circular. Nesta região grande parte dos lineamentos se dispõe de forma radial. Já na região mais a sul do setor, com alto magnetométrico, pode-se observar lineamentos mais dispersos, e com possível influência de mais de uma origem para estes. De modo geral, essa seção apresenta o *trend* de seus lineamentos dispostos preferencialmente E-W e WNW-ENE, com azimute 300°, aproximadamente;
- € Central: Setor marcado principalmente pelos lineamentos E-W, e de forma subordinada pelos NW-SE e NE-SE, de azimute 300° e 70°, respectivamente. Quanto a suas magnetofácies, estas são marcadas por grande alternância de altos e baixos magnetométricos. Estas apresentam ainda formato principalmente linear, com algumas feições circulares alinhadas quanto à esses *trends* principais;
- € Sul: Relativamente parecido ao Setor Norte, neste encontra-se presente um grande alto e um grande baixo magnetométrico, cada um com certas feições e variações internas, de menor intensidade. Com relação aos lineamentos presentes no setor, sendo este o setor com menor expressão de feições estruturais, o de maior influência tem direção NNE-SSW, de azimute aproximadamente 20°.

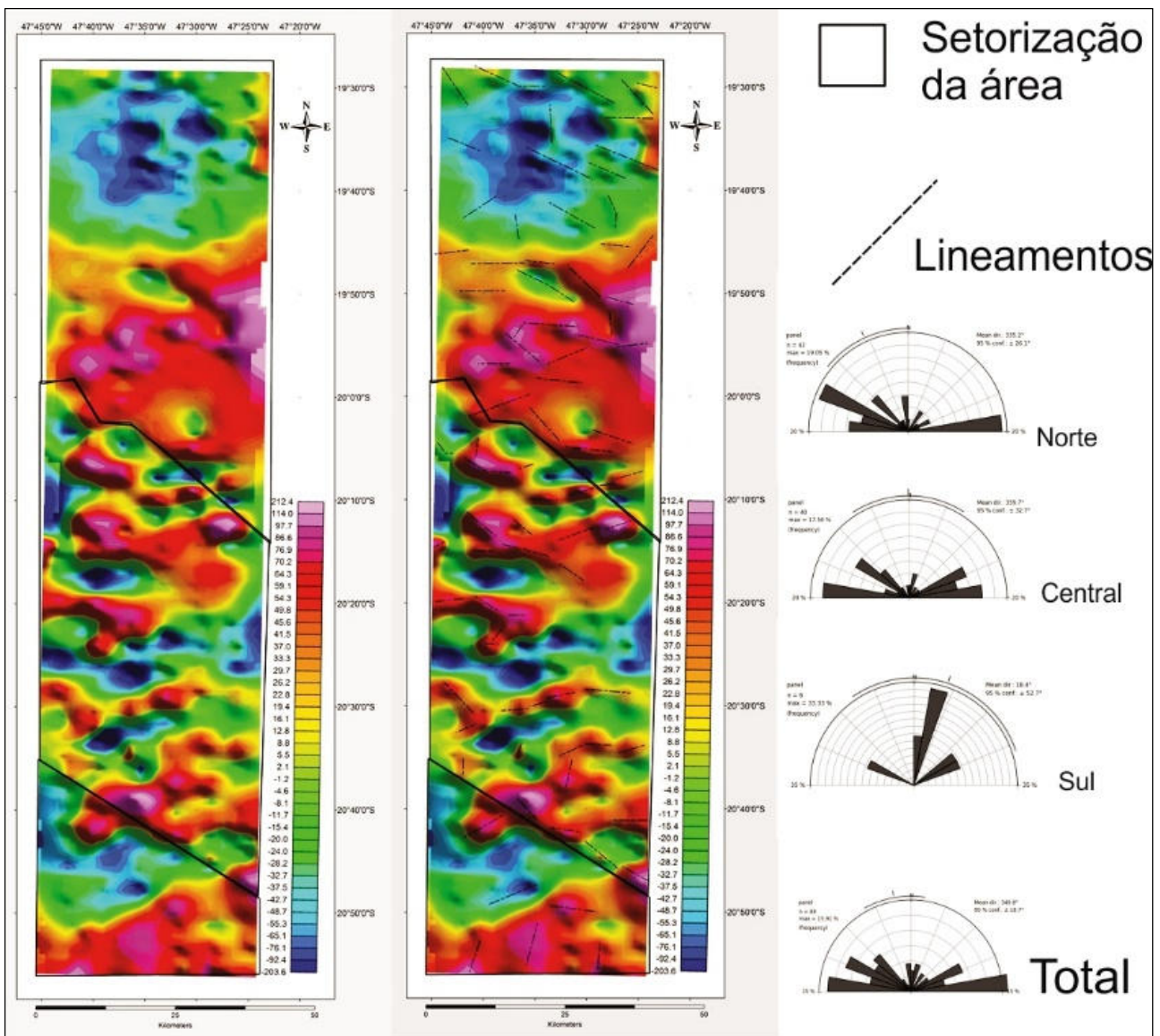


Figura 5. Mapa Magnetométrico CA gerado a partir do Banco de Dados da ANP; ao lado, a sua mesma versão com a interpretação dos lineamentos de fratura, e a análise estatística dos dados.

2.2. Sensoriamento Remoto

A Figura 6 apresenta, o Modelo Digital de Terreno (MDT) da área com suas subdivisões, e este mesmo interpretado com o tratamento estatístico em rosetas.

Tal interpretação trouxe as seguintes observações de cada um dos setores:

- € Norte: Área marcada a sul por uma grande estrutura NW-SW que representa a divisão com o setor adjacente (central), sendo essa porção sul marcada por menores altitudes, e certa rugosidade, com alguns pequenos alteamentos em sua extensão. Já a porção norte do setor, esta com altitude mais elevada, apresenta maior rugosidade, indicando algumas depressões em sua extensão, sendo uma delas mais expressiva, também de

- direção NW-SE, que marca o extremo NE do setor. Quanto aos trends estruturais deste setor, quatro deles são de maior expressão, em ordem decrescente: 90°, 55°, 280° e 0°;
- € Central: Este setor apresenta sua topografia dividida de forma abrupta e bem clara. É possível notar em sua porção leste um grande morro, de formato circular, com algumas variações topográficas internas. Pode-se observar estruturas radiais em todo o resto do setor, sempre partindo deste grande elevado topográfico. Quanto à seus trends estruturais, também com alta variação, o setor contém dois de maior expressão, em ordem decrescente: 90° e 300°.
 - € Sul: Menor setor da área de estudo, este também apresenta a menor altitude, de forma geral. É possível observar dois corpos, de formato circular, com pequeno diâmetro, em sua porção centro-sul. Estes corpos tem, em suas adjacências, uma série de estruturas radiais. Seus trends estruturais de maior expressão, um dos mais homogêneos, são em ordem de importância: 0°, 70°, 25°.

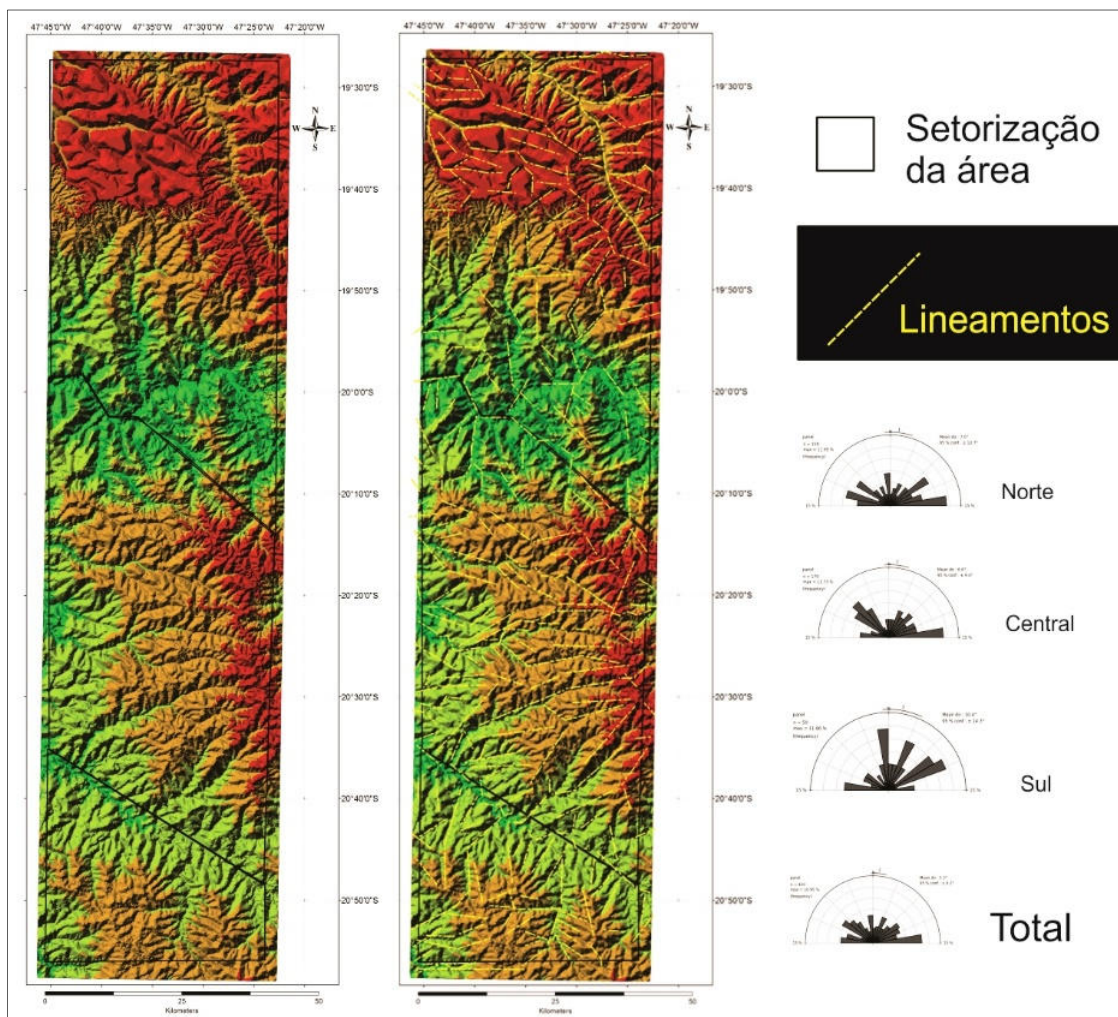


Figura 5. Modelo digital de Terreno gerado à partir das imagens SRTM. A interpretação deste e sua análise estatística.

3. INTEGRAÇÃO GEOLÓGICO-GEOFÍSICA

Uma vez que a área de estudo, bem como a escala de trabalho, de ambos os levantamentos é a mesma, estes serão discutidos de forma integrada. A diferença na profundidade das informações obtidas em cada método traz consigo diferenças marcantes em seus resultados. A Figura 7 representa a integração dos mapas de magnetometria, sensoriamento remoto e geológico. O mapa geológico é resultado da compilação realizada com base em mapas geológicos estaduais (Minas Gerais e São Paulo) levantados pela CPRM, em escala 1:1.000.000, e disponíveis em <http://geobank.sa.cprm.gov.br/>. Mesmo ambos tendo sido elaborados pela mesma companhia, em sua integração algumas áreas carecem de informações.

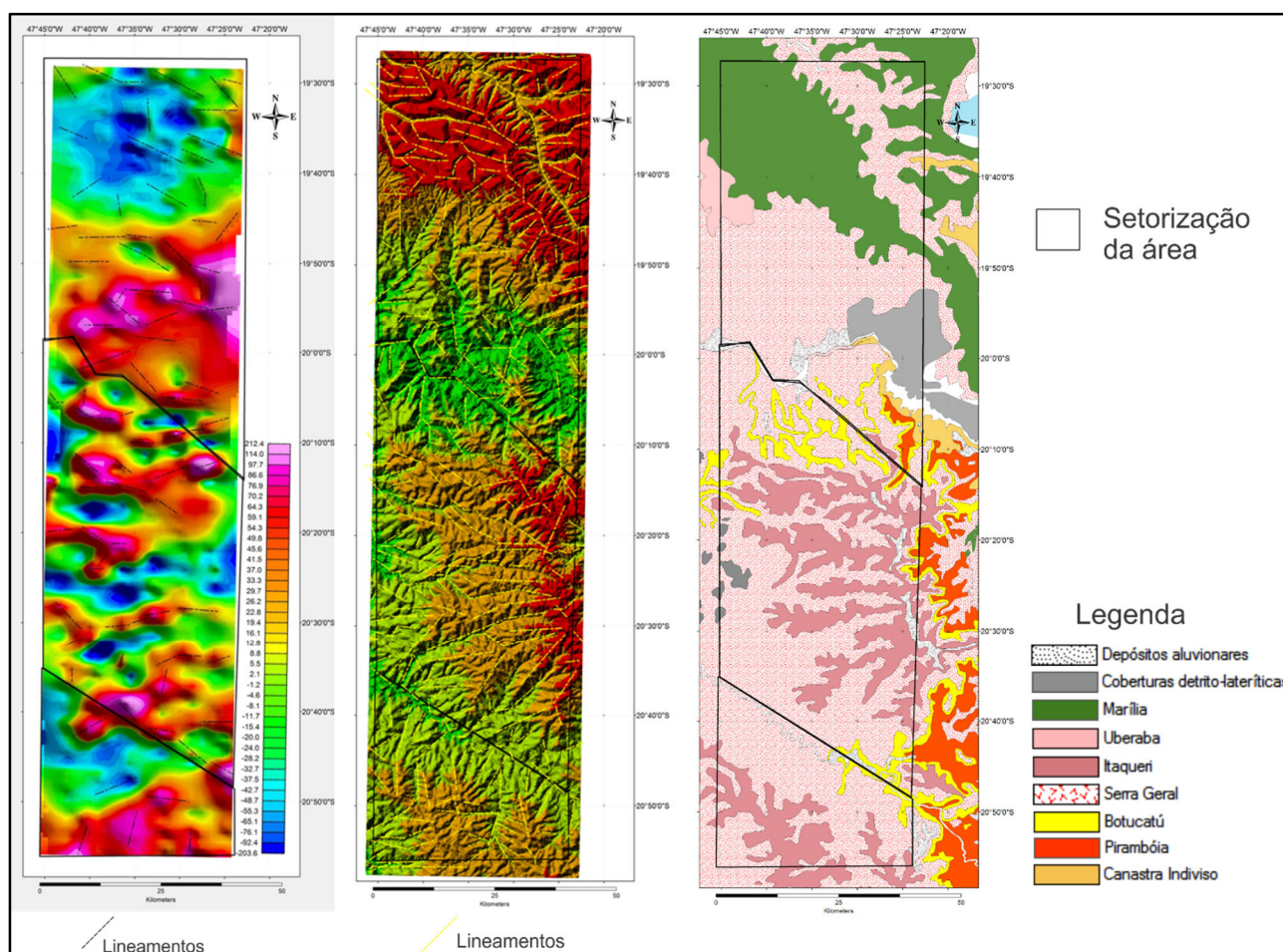


Figura 7. Compilação entre os mapas de magnetometria, sensoriamento remoto, e geológico, a fim de facilitar a compreensão e a análise das informações.

A análise da área de estudo é também aqui apresentada por setores, como nos itens anteriores, para melhor caracterização. A Tabela 2 mostra uma síntese dos trends estruturais de cada um dos setores, para cada um dos levantamentos, facilitando melhor compreensão.

Tabela 2. Compilação dos trends estruturais de cada um dos setores da área de estudo, para cada um dos métodos utilizados.

Setor	Método	
	<u>Magnetometria</u>	<u>Sensoriamento Remoto</u>
<u>Norte</u>	90°, 300°.	90°, 55°, 280°, 0°.
<u>Central</u>	90°, 300°, 70°.	90°, 300°.
<u>Sul</u>	20°.	0°, 70°, 25°.
<u>Total</u>	90°, 300°, 70°.	90°, 300°, 55°, 0°, 25°.

O setor norte é marcado por um contraste entre suas magnetofácies e a topografia do relevo. Sua porção mais a norte, marcada por um planalto, apresenta baixos valores magnéticos, relativamente homogêneos; há de se notar, porém, variações em seu extremo leste, condizentes talvez com o vale presente neste local. Já no que diz respeito à porção sul deste setor, de baixos valores topográficos e marcada por um rio altamente expressivo de direção aproximadamente E-W, seus valores magnetométricos são expressivamente maiores, e agora com estruturas presentes e conformes à estruturação desse rio. Adicionando o mapa geológico à essa discussão nota-se claramente uma relação nessa divisão do setor norte em dois, através das variações litológicas, atribuindo os mais altos valores magnetométricos à Fm. Serra Geral, e ainda sendo possível delimitar suas estruturas presentes em profundidade, que se expressam na superfície através do relevo.

Quanto aos trends estruturais do setor, observa-se certa discrepância entre os dois métodos. Pode-se observar que as estruturas E-W, as de maior expressão na área, são notáveis em ambos os métodos, fruto talvez da estruturação dos derrames da Fm. Serra Geral. Aquelas de atitude NW-SE, de valores entre 280° e 300° também são recorrentes em ambas, e possivelmente, fruto dos mesmos eventos geológicos. Quanto às estruturas de atitude N-S (0°) e NE-SW (55°), estas são expressivas apenas no levantamento mais superficial, SR, possivelmente decorrente de eventos neotectônicos.

Tratando do setor central, que apresenta as magnetofácies de maior heterogeneidade, estas concordam, com alto grau de confiança, às feições topográficas. Marcado por um grande morro de formato circular em sua topografia, cercado de estruturas radiais, a magnetometria deste setor apresenta características semelhantes, com estruturas de certa forma radiais, convergentes a um ponto comum em seu leste. No centro deste setor, um baixo magnetométrico de atitude aproximadamente E-W marca variações que são notadas no mapa geológico, nas transições entre rochas aflorantes das Fm.'s Serra Geral e Itaqueri, que se repetem alinhados aos corpos radiais. Pequenos afloramentos da Fm. Botucatu são marcados por valores magnetométricos muito baixos.

A análise estrutural do setor revela uma congruência entre os dois métodos, que tem os mesmos *trends* estruturais expressos. Assim como no setor norte, estes lineamentos de maior expressão são os de atitude 90° e 300°, tendo o de 70° subordinadamente marcado. Este setor pode ser composto, talvez, por maior volume de derrames basálticos, fato que implicaria em condições de reologia mais fortes da região. Caso esta hipótese seja confirmada, acarretaria em uma resposta menos relevante desse setor à atuação de forças neotectônicas, implicando assim em menor número de fraturas superficiais.

Com relação ao setor sul, de menor área e volume de estruturas delimitadas entre os três, este apresenta também um compartimento de suas magnetofácies, com baixos valores a NW e altos a SE, separados por uma estrutura NE-SW. Discordante a isto, a topografia se apresenta também segmentada em duas, altos valores a SW e baixos a NE, separados por uma estrutura NW-SE. Esta discordância se deve ao fato de cada uma das estruturas se encontrar em profundidades diferentes.

Em sua análise estrutural, nota-se uma mudança nos *trends* que vinham se confirmando nos outros dois setores, sendo agora a magnetometria marcada pelos lineamentos NE-SW (20°), e o SR pelos N-S (0°) e NE-SW (25°, 70°). Isto representaria talvez uma outra família de derrames basálticos, associados a outras estruturas em profundidade. Quanto às estruturas superficiais, estas são conformantes àquelas presentes no setor norte, com alguma pequena variação de atitude. Isto daria um mesmo significado a essas estruturas, como sendo fruto de forças neotectônicas atuantes na região e, portanto, as mais recentes e mais aptas à circulação de água em meio fissural.

4. CONCLUSÕES

Este trabalho aponta vários pontos de discussão que carecem de estudos mais detalhados para ter-se afirmações mais concretas acerca de seus fatos.

Quanto às estruturas presentes na Fm. Serra Geral, possíveis portadoras de reservas subterrâneas de água no Aquífero Serra Geral (ASG), pode-se dizer de um modo geral, que àquelas da família N-S aparentam ser as mais novas e possivelmente as mais capacitadas a hospedar as reservas do ASG.

Em comparação ao trabalho de Rocha (2005), que indica o intervalo N10W - N5E como a melhor direção de lineamentos portadores de reservas hídricas, este trabalho pode, de certa forma, ser considerado congruente, devido a diferença na escala de trabalho e resolução dos dados, além da carência de trabalhos de campo.

Têm-se como maior contribuição aos estudos de reservas hídricas subterrâneas a metodologia empregada que, aplicada a esta e outras regiões, com dados magnetométricos e topográficos levantados em escala de detalhe, se possa obter com maior certeza, a caracterização das famílias de

fratura, sua relação cronológica geral, e com isto uma melhor caracterização das estruturas portadoras de reservas de água subterrânea

5. AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem à Agência Nacional de Petróleo (ANP) por ceder os dados de magnetometria para que este pudesse ser realizado.

6. BIBLIOGRAFIA

FEITOSA, F. A. C., Filho, J. M. 2000. Hidrogeologia, conceitos e aplicações, 2ª ed. CPRM/REFO, LABID-UFPE, p.391.

FERNANDES, A. J. 2008. Aquíferos fraturados: Uma revisão dos condicionantes geológicos e dos métodos de investigação. Revista do Instituto Geológico de São Paulo, vol. 29, p.49-72.

FERNANDES, A. J., Maldaner, C. H., Sobrinho, J. M. A., Pressinotti M. M. N., Wahnfried, I. 2010. Estratigrafia dos Derrames de Basaltos da Formação Serra Geral (Ribeirão Preto - SP) Baseada na Geologia Física, Petrografia e Geoquímica. Revista do Instituto de Geociências – USP, vol. 10, n. 2, p.73-99.

FERNANDES, A. J., Maldaner, C. H., Rouleau, A. 2011. Análise das Fraturas nos Basaltos de Ribeirão Preto, SP: Aplicação à Elaboração de Modelo Hidrogeológico Conceitual. Revista do Instituto de Geociências – USP, vol. 11, n. 3, p.43-64.

HASUI, Y., Carneiro C. D. R., Almeida, F. F. M., Bartorelli, A. 2012. Geologia do Brasil, 1ª ed, p.900.

LASA ENGENHARIA E PROSPECÇÕES S.A. 2010. Aerolevantamento gravimétrico e magnetométrico, Bacia do Paraná, Relatório final de aquisição e processamento de dados, Agência Nacional do Petróleo (ANP), vol. 1, p.73.

MILANI, E. J., Faccini, U. F., Scherer, C. M., Araújo, L. M., Cupertino, J. A. 1998. Sequences and stratigraphic hierarchy of the Paraná Basin (Ordovician to Cretaceous), Southern Brazil. Boletim Instituto Geológico USP, vol. 29, p.125-173.

MILANI, E. J., Melo, J. H. G., Souza, P. A., Fernandes, L. A., França, A. B. 2007. Bacia do Paraná. Boletim de Geociências Petrobrás, vol 15, p.265-287.

ROCHA, G. 2005. Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo, escala 1:1.000.000, nota explicativa. São Paulo, Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), IG-Instituto

Geológico (IG), Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), Serviço Geológico do Brasil (CPRM), p.119.

ROSS, J. M. S., Moroz, I. C. 1997. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. Relatório de publicação interna do Laboratório de Geomorfologia do Departamento de Geografia da FFLCH/USP, p.18.

<http://geobank.sa.cprm.gov.br/>, acessado em 20/08/2013.

http://www.dgi.inpe.br/siteDgi/index_pt.php, acessado em 20/08/2013.

<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/index.htm>, acessado em 20/08/2013.