

# **AVALIAÇÃO DE ETAPAS INTERMEDIÁRIAS DE TÉCNICA DE SENSORIAMENTO REMOTO APLICADA À PESQUISA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA, EM RELAÇÃO AO SEU PRODUTO FINAL**

## **Tânia Maria Evangelista**

Engenheira Geóloga pela UFOP (1993); Mestre em Engenharia Ambiental pela UFES.  
Grupo de Estudo e Ações em Recursos Hídricos - GEARH  
DHS-CT-UFES; Cx-Postal-01-9011; CEP:39060-970 - Vitória -ES; Telefax: (027) 335-2675

## **Paulo Veneziani**

Doutorado em Geologia Estrutural pela USP (1995); Geólogo da Divisão de Sensoriamento Remoto do INPE; Av. dos Astronautas, 1758; 12210-970 S. José dos Campos/SP

## **Antônio Sérgio Ferreira Mendonça**

Engenheiro Civil pela UFES (1975); Mestre em Engenharia Civil (Hidrologia e Recursos Hídricos) pela COPPE/UFRJ (1977); Doutor em Engenharia de Recursos Hídricos pela Colorado State University (EUA, 1987); Prof. do Progr. de Mestrado em Engenharia Ambiental da UFES. Grupo de Estudo e Ações em Recursos Hídricos - GEARH; DHS-CT-UFES; Cx-Postal-01-9011 CEP:39060-970 - Vitória -ES; Telefax: (027) 335-2675

## **Edmilson Costa Teixeira**

Engenheiro Civil pela UFBA (1983); Mestre em Hidráulica e Saneamento pela EESC, USP (1987); Doutor em Engenharia de Águas pela Universidade de Bradford, Inglaterra (1993); Prof. do Programa de Mestrado em Engenharia Ambiental da UFES.  
Grupo de Estudo e Ações em Recursos Hídricos - GEARH; DHS-CT-UFES;  
Cx-Postal-01-9011; CEP:39060-970 - Vitória -ES; Telefax: (027) 335-2675

## **Abstract**

An evaluation of intermediate sequential stages of a procedure to identify most favourable areas for the extraction and recharge of groundwater in fractured aquifers, with respect to the final product, is presented in this paper. The aforementioned procedure is based on a remote sensing technique which consists of: generation of a series of intermediate plans of information (eg.: drainage network, structural lineaments, morphological structures); and integration and analysis of these plans of information for the generation of the final product (the location of most favourable areas for the extraction and recharge of groundwater). This assessment allowed to conclude that the intermediate stages can be used to obtain a final product in shorter period of time however with a certain loss of accuracy. This loss of accuracy will be dependent on the objective of the study.

## **Introdução**

São vários os métodos possíveis de serem utilizados na localização de áreas mais favoráveis à prospecção e recarga de água subterrânea. Dentre eles destacam-se quatro categorias metodológicas distintas: geofísica; sensoriamento remoto; análise da variação da temperatura do solo e análise geo-estrutural. A utilização conjunta dos métodos geofísica e sensoriamento remoto a mais recomendada.

A abordagem metodológica de sensoriamento remoto para a localização de áreas mais favoráveis à prospecção e recarga de água subterrânea tem-se mostrado uma ferramenta bastante promissora para tal finalidade.

Essa metodologia consiste da geração de diversos mapas temáticos (tais como: drenagem, lineamentos estruturais, zonas de juntas, morfoestrutural), que após interpretados e integrados, compõem o mapa final, o qual apresenta a localização de áreas mais favoráveis à prospecção e recarga de água subterrânea em meios fissurados de regiões cristalinas.

A integração dos mapas temáticos para a obtenção do mapa final se dá de uma forma seqüencial, onde cada fase de integração (etapa intermediária) já fornece informações possíveis de serem utilizadas na identificação de áreas mais favoráveis à prospecção e recarga de água subterrânea, porém, com ganho de precisão nessa identificação, com a adição de fases subseqüentes.

Apresentam-se nesse artigo, os resultados de um estudo que buscou avaliar a contribuição relativa de etapas intermediárias quanto ao ganho de precisão na identificação de áreas mais favoráveis à prospecção e recarga de água subterrânea, em relação ao mapa final, e assim, possibilitar o emprego de metodologias mais simplificadas em situações que requeiram tomadas de decisão relativamente mais rápidas, ou desenvolvimento de avaliações preliminares. O estudo se baseou em informações disponíveis para a região de Guarapari/ES (Evangelista, 1998).

### **Resumo da tecnologia utilizada na identificação de áreas mais favoráveis à prospecção e recarga de água subterrânea**

A metodologia adotada nesse estudo baseou-se numa seqüência sistemática de fotointerpretação e trabalhos de campo, apresentada por Rocio (1993), Veneziani e Larroza (1995) e Oliveira (1997), que permitiu a elaboração de vários mapas temáticos, os quais foram posteriormente interpretados e integrados.

Os mapas temáticos elaborados foram: mapa de drenagem, mapa de lineamentos estruturais, mapa de zonas de juntas, mapa de isofreqüência de zonas de juntas, mapas de eixos máximos de zonas de juntas, mapa morfoestrutural, mapa litoestrutural e mapa integrado (mapa final). A **figura 1** apresenta um fluxograma das atividades desenvolvidas.

A aplicação dessa metodologia possibilitou a integração direta do mapa de lineamentos estruturais, de isofreqüência de zonas de juntas, morfoestrutural e litoestrutural, resultando no mapa integrado (**figura 2**), o qual indica as áreas mais favoráveis a prospecção e recarga de água subterrânea. Os demais mapas, citados no parágrafo anterior, serviram como subsídio para a elaboração desses mapas principais.

## **Avaliação da contribuição de etapas intermediárias da aplicação da tecnologia em relação ao mapa final**

Para cada etapa intermediária, a avaliação se deu através da comparação entre as áreas identificadas como mais favoráveis à prospecção ou recarga de água subterrânea e aquelas resultantes da aplicação metodologia de Rocio (1993), Veneziani e Larroza (1995), Oliveira (1997); **figura 2**.

Destacou-se 3 etapas intermediárias seqüenciais, as quais são apresentadas e avaliadas a seguir:

### **1ª Etapa- Análise do mapa morfoestrutural**

Tendo em vista que para a localização de áreas de recarga e acumulação é necessário a identificação das morfoestruturas, dos altos e baixos estruturais, tomou-se como 1ª etapa a análise do mapa morfoestrutural.

Como contribuição deste mapa, foram consideradas, como adotado pela metodologia, somente as áreas referentes às morfoestruturas apresentadas na **figura 3**, onde os baixos estruturais representam as áreas mais favoráveis a reserva e os altos estruturais às áreas mais favoráveis a recarga.

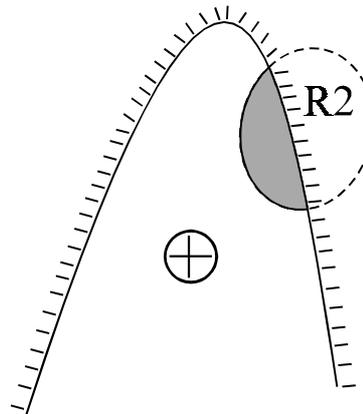
Com isso, qualquer região dentro das morfoestruturas seria considerada de igual peso tanto na identificação de áreas de recarga quanto de áreas de acumulação. Porém, numa escala de trabalho maior (regional), essas demarcações passariam a ter uma maior representatividade, uma vez que muitas dessas morfoestruturas tenderiam a um ponto no mapa.

Além disso, o cruzamento das áreas demarcadas no mapa final indicando áreas de recarga e de acumulação com as áreas das morfoestruturas consideradas nessa etapa mostra áreas fora das morfoestruturas, indicando a exclusão de áreas importantes, como esquematizado abaixo (**figura 4**).

### **2ª Etapa- Análise conjunta entre o mapa morfoestrutural e o mapa de isofrequência de traços de zonas de junta**

Neste caso é feito cruzamento da etapa anterior (mapa de morfoestruturas, **figura 3**) com o mapa de faixas de isofrequência de traços de zonas de juntas, considerando-se para análise apenas as áreas sobrepostas e, em concordância com a metodologia adotada, as três maiores faixas de isofrequência, como mostra a **figura 5**.

Isto pode ser entendido como um refinamento da primeira etapa por dois aspectos: a) eliminação de áreas dentro da morfoestrutura tidas anteriormente como locais favoráveis a prospecção e recarga de água subterrânea; e b) priorização de áreas de acordo com as classes de favorabilidade consideradas.



⊕ - Alto estrutural

R2 - área com prioridade 2, favorável a recarga

Figura 4- Desenho esquemático mostrando áreas que localizam-se parcialmente fora de morfoestruturas.

### **3ª Etapa- Análise conjunta dos mapas morfoestrutural, isofrequência de traços de zonas de juntas e lineamentos estruturais**

Como 3ª etapa considerou-se o cruzamento do mapa de morfoestruturas (**figura 3**), mapa de interpretação das faixas de isofrequência (> 53,4%) de traços de zonas de juntas e o mapa de lineamentos estruturais; **figura 5**. Nesta figura, os lineamentos estruturais são representados por seus pontos de interseção e número de cruzamentos por ponto.

As contribuições do mapa morfoestrutural e de sua integração com o mapa de isofrequência de zonas de juntas, já foram devidamente discutidas nas 1ª e 2ª etapas respectivamente.

Aos resultados da 2ª etapa incluiu-se o mapa de lineamentos estruturais, cuja contribuição refere-se ao cruzamento das estruturas da rede de fraturamento.

Assim, as áreas resultantes do cruzamento destes planos de informação correspondem as áreas demarcadas como mais favoráveis a prospecção e recarga de água subterrânea apresentadas no mapa final (**figura 2**), porém não levando em consideração os diferentes tipos litológicos. Isto seria obtido pela inclusão do mapa litoestrutural como etapa final do processo de integração de planos de informação, cuja importância é ressaltada pelo fato da metodologia desenvolvida por Rocio (1993), Veneziani e Larroza, 1995 e Oliveira (1997) aplicar-se essencialmente a meios cristalinos.

### **Conclusão**

A análise da contribuição de etapas seqüenciais intermediárias em relação ao mapa final, referente a metodologia desenvolvida por Veneziani e Larroza, (1995), Oliveira (1997) e Rocio (1993), mostrou ser possível o emprego destas em situações que requeiram tomadas de decisão relativamente mais rápidas, porém com perda de precisão na identificação de áreas mais favoráveis à prospecção e recarga, obtidas com a redução do números de etapas empregadas.

Entretanto, numa escala de trabalho regional, apesar da perda na precisão, a identificação dessas áreas ganham uma representatividade maior, inferindo rapidez e minimizando custos.

### **Referências Bibliográficas**

- EVANGELISTA, T. M. Localização de áreas mais favoráveis à prospecção e recarga de água subterrânea: Análise de métodos existentes e aplicação de técnicas de sensoriamento remoto à região de Guarapari/ES. Dissertação de mestrado, UFES, Vitória ES, 1998, 125 p.
- OLIVEIRA, S. A. M. Uso e aplicações de sensoriamento remoto no estudo do controle hidrogeológico do aquífero termal de Caldas Novas - GO. Dissertação de Mestrado, INPE, São José dos Campos, SP. 1997.112p.
- ROCIO, M. A. R. Caracterização da rede aquífera da região de Caçapava. Paraibuna com o emprego de técnicas de sensoriamento remoto. Dissertação de mestrado, INPE, São José dos Campos, SP, 1993, 75p.
- VEZIANI, P.; LARROZA, F. A. O sensoriamento remoto e o geoprocessamento na prospecção de água subterrânea: exemplo de região de Taubaté a Redenção da Serra. In: IV Simpósio da Geologia do Sudeste, Boletim de Resumos, SBG/UNESP, Águas de São Pedro, São Paulo, 1995, pp.100.

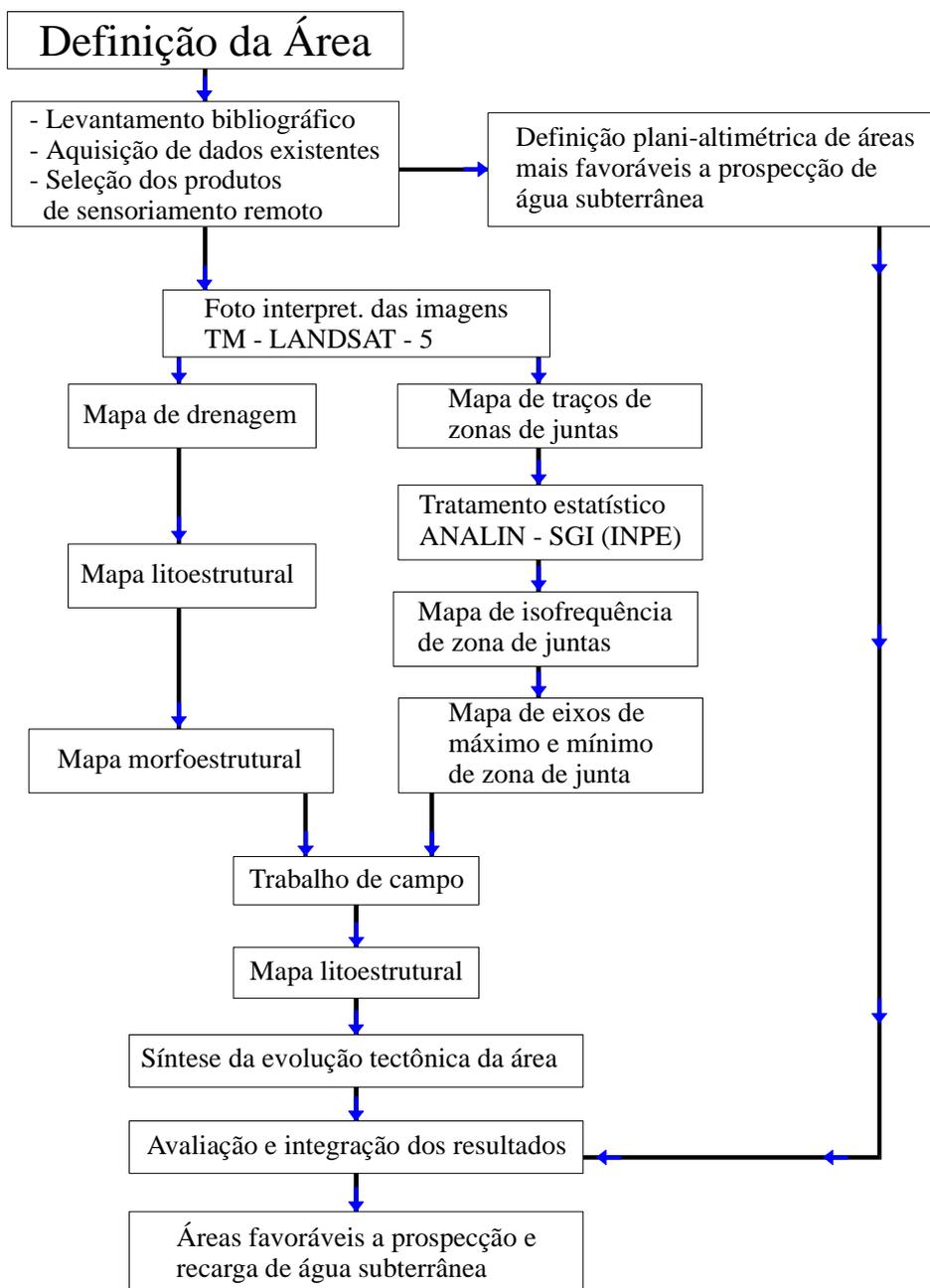
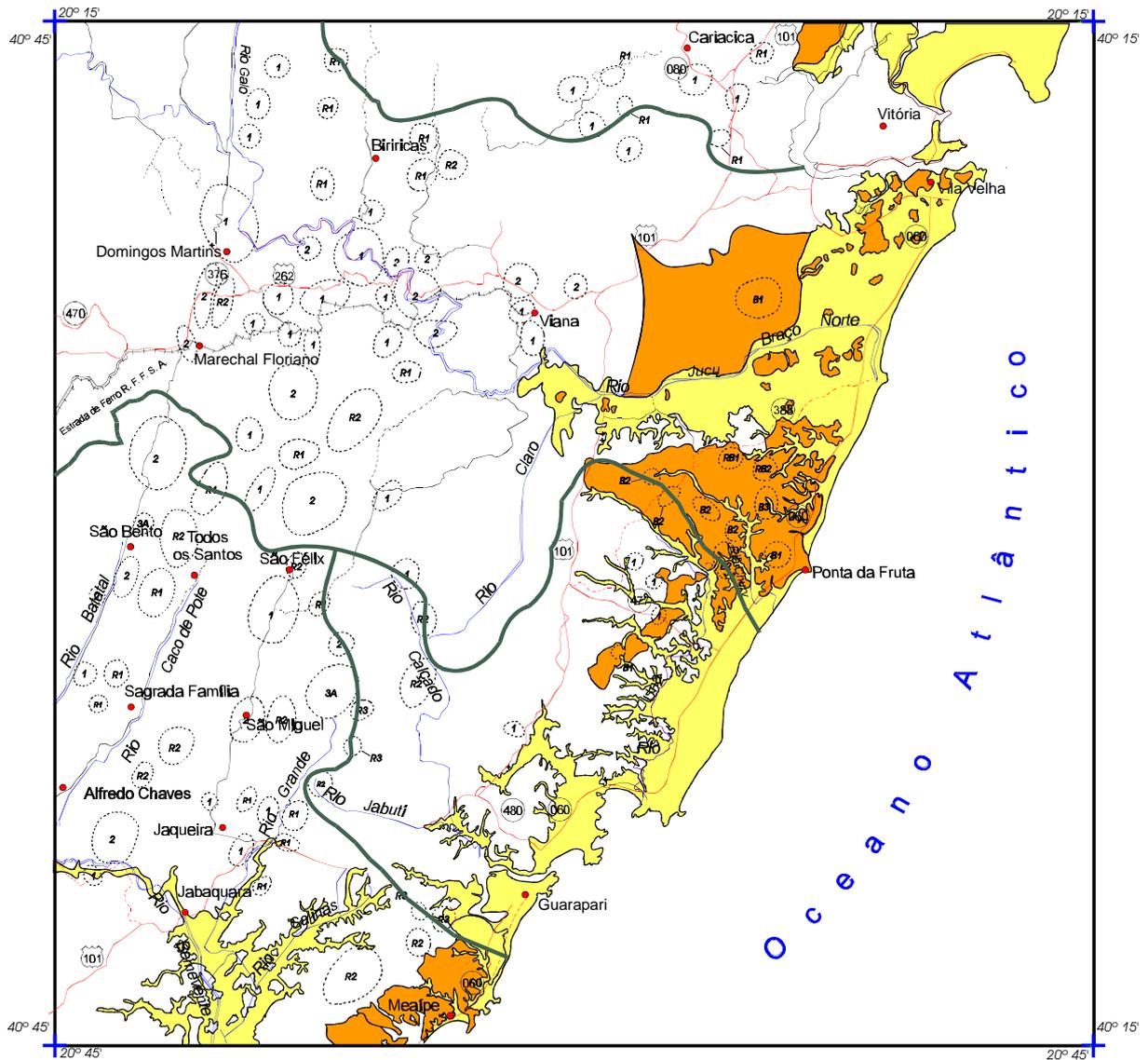


Figura 1 - Fluxograma de trabalho



Sedimento

Grupo Barreiras

Área de Recarga

RB1 - Baixa Favorabilidade

RB2 - Moderada Favorabilidade

Área de Acumulação

B1 - Baixa Favorabilidade

B2 - Moderada Favorabilidade

B3 - Alta Favorabilidade

Depósitos Quaternários

Cristalino

Área de Recarga

R1 - Baixa Favorabilidade

R2 - Moderada Favorabilidade

R3 - Alta Favorabilidade

Área de Acumulação

1 - Baixa Favorabilidade

2 - Moderada Favorabilidade

3A - Muito Alta Favorabilidade



0 1000 3000 5000  
Escala em metros

Cidade

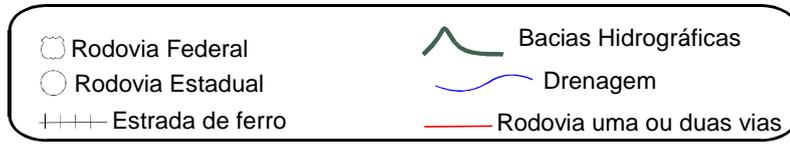


Figura 2 - Mapa integrado ( final )

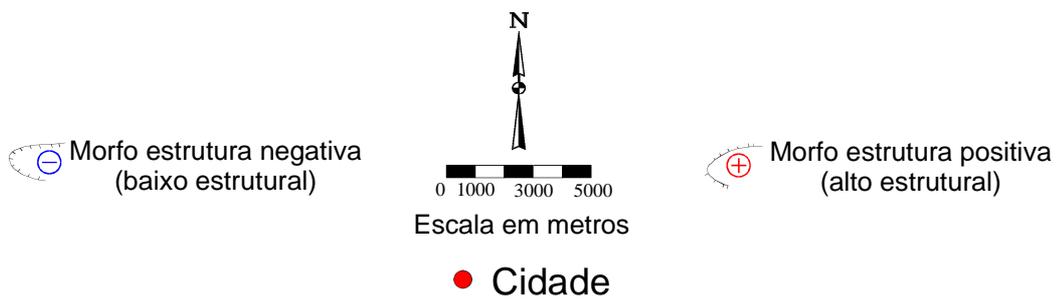
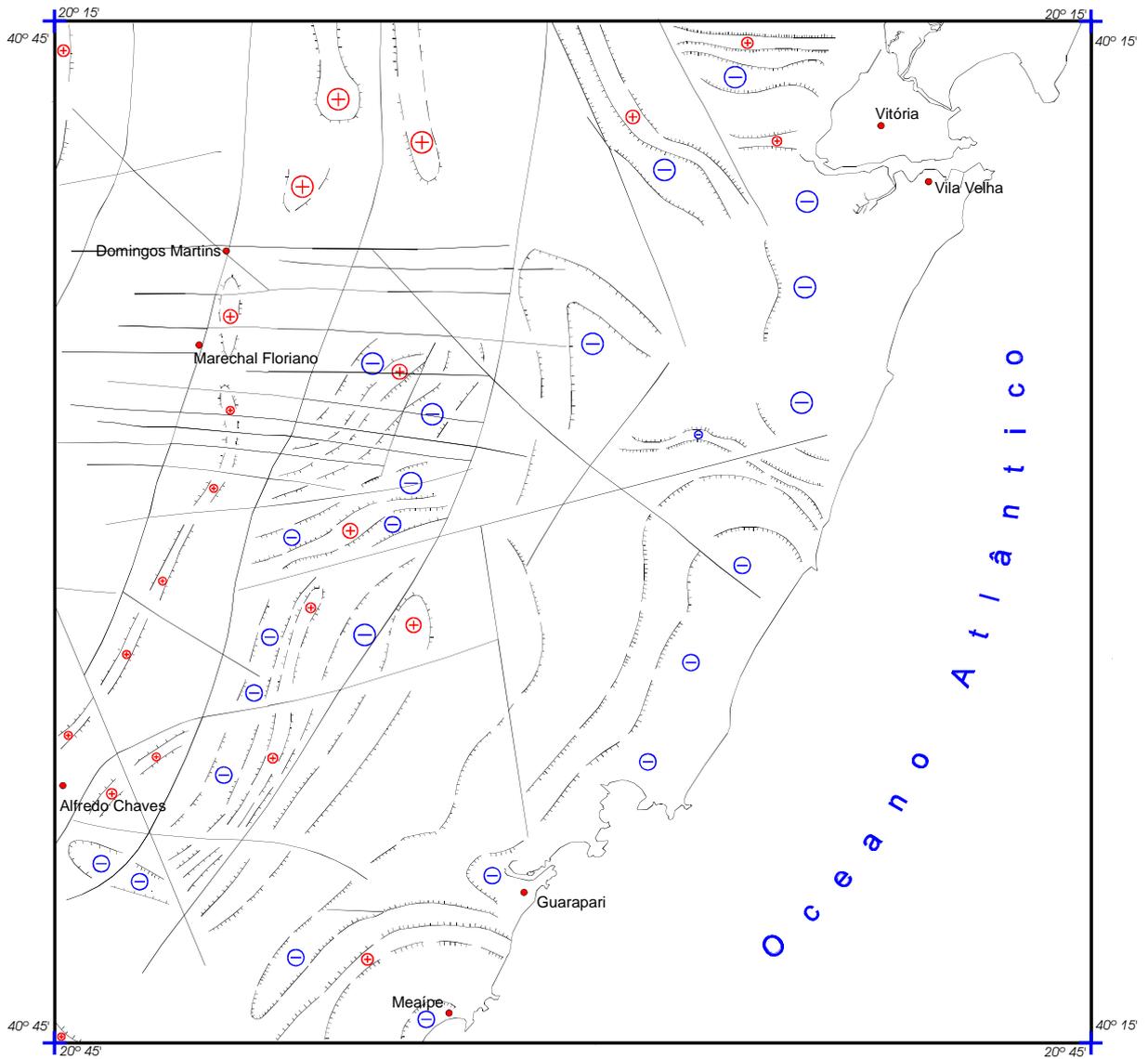


Figura 3 - Mapa de morfoestruturas

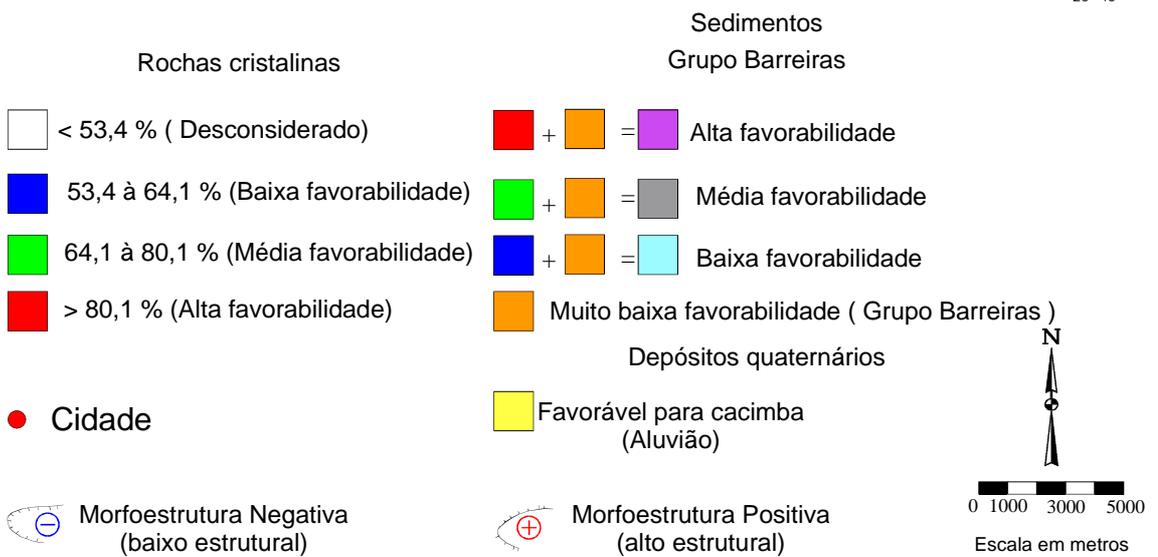
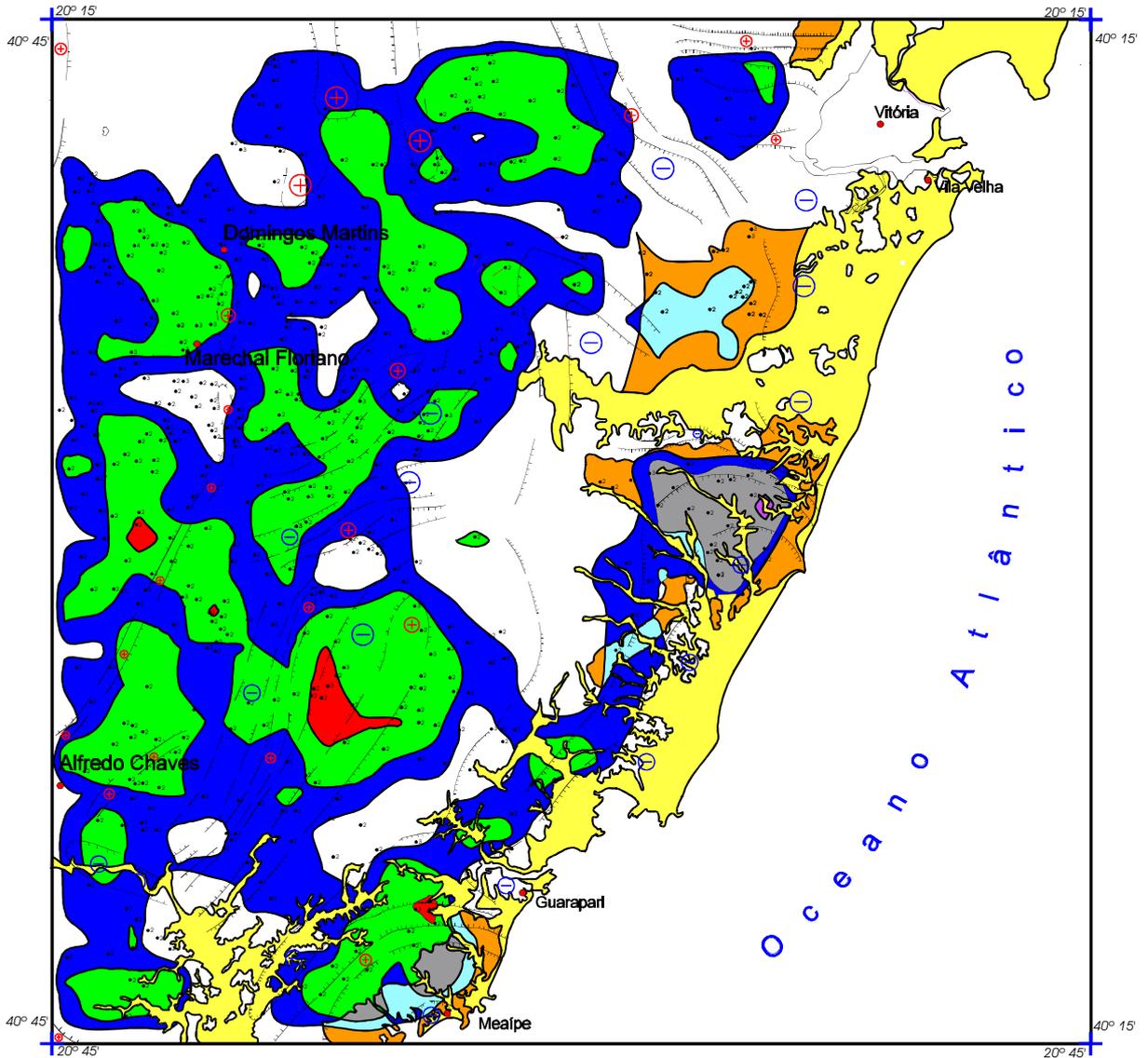


Figura 5 - Mapa de cruzamento (estruturas, isofrequência, morfoestrutura e litologias)