



Detecção de um paleocanal por assinatura radiométrica na bacia do rio Paraíba do Sul, estado do Rio de Janeiro, Brasil.

Marcus V. S. Licínio, Heitor S. Evangelista. Universidade do Estado do Rio de Janeiro/ Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes/ Depto de Biofísica/ Laboratório de Radioecologia e Mudanças Globais-LARAMG

Copyright 2003, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 14-18 September 2003.

Contents of this paper were reviewed by The Technical Committee of The 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society and does not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction, or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of The Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

By digital integration of radiometric (^{232}Th , ^{238}U e ^{40}K) and hydrogeological images, identification of actual and paleo hydrological courses in the final portion of Paraíba do Sul hydrological basin was determined. Integration products obtained made possible differentiation of the antique river course by the variations of ^{40}K concentrations. The antique sedimentation plain was defined by the spatial variations on ^{232}Th . The results suggest potential of this methodology to the predefinition of interest areas to paleo hydrological studies.

Introdução

A identificação de canais em sistemas aquíferos executada no estado do Rio de Janeiro se utilizou da análise dos perfis de poços tubulares construídos nesses aquíferos. Além disso, foram utilizados dados litológicos, estratigráficos e aero-magnométricos em associação (Silva, 2001). Essa metodologia é considerada padrão nesse tipo de trabalho. Entretanto, outras técnicas podem ser adicionadas com objetivo de tornar essa identificação mais rápida. Nesse trabalho, o método testado se baseia na integração digital de mapas hidrogeológicos e mapas aerogamaespectrométricos.

A passagem dos rios por maciços rochosos promove o desgaste e conseqüente carreamento de material através da calha do rio. Esse material, dependendo das suas características físicas e químicas, deposita-se em locais próximos da rocha fornecedora de sedimentos ou permanece mais tempo em suspensão, alcançando maiores distâncias. Tal sedimento depositado possui semelhanças nas concentrações de elementos químicos com a rocha original e diferenças em relação a região que margeia a calha do rio. A partir da análise dessas diferenças observadas nas concentrações de radionuclídeos encontrados na antiga calha do rio e a região em torno, é possível a identificação do traçado que esse rio apresentava.

Nesse trabalho essa técnica foi testada na região final no rio Paraíba do Sul, conhecido por ser a maior região de planícies sedimentares de origem fluvial no estado do Rio de Janeiro.

Área de estudo

A região de interesse deste estudo foi a porção final do Rio Paraíba do Sul, que é o maior rio do estado. Essa porção pode ser diferenciada em 4 sistemas aquíferos sedimentares, como descrito abaixo:

Flúvio – Deltáico: Localizado na Bacia Sedimentar de Campos, sem a menor sombra de dúvida é o sistema aquífero com maior potencial do Estado. Os sedimentos são compostos por areias e arenitos, finos a médios com matriz silteosa e bandas argilosas. Trata-se de um aquífero livre, com espessuras variando de 60 a 90 metros, sobreposto ao embasamento cristalino e sedimentos mais antigos. **Formação Emborê :** Localizado na Bacia Sedimentar de Campos, os sedimentos são compostos por arenitos conchíferos variados, com feldspato, argilitos impuros e argilas orgânicas, totalmente coberto por sedimentos quaternários. Nas descrições dos perfis dos poços esses sedimentos são descritos como pertencentes a formação terciária Emborê. Por este motivo foi mantido o nome da formação, embora, não seja consenso esses sedimentos pertencerem àquela formação. **Formação São Tomé II:** Localizada na Bacia Sedimentar de Campos, os sedimentos são compostos por arenitos avermelhados, lateríticos com argilas cálcicas, sobre arenitos consolidados argilosos. Totalmente recobertos por sedimentos quaternários. **Formação São Tomé I:** Localizada na Bacia Sedimentar de Campos, os sedimentos são compostos por arenitos avermelhados, lateríticos com argilas cálcicas, sobre arenitos consolidados argilosos. Totalmente recobertos por sedimentos quaternários.

Materiais e Métodos

Base de dados

Os mapas dos parâmetros hidrogeológicos foram elaborados pelo (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais) CPRM / Departamento de Recursos Minerais – Rio de Janeiro DRM-RJ, dentro do Projeto Rio de Janeiro no Programa Informações para Gestão Territorial - GATE. As cartas foram disponibilizadas na escala de 1:400.000.

Os dados aerogamaespectrométricos de $e\text{Th}^{232}$, $e\text{U}^{238}$, K^{40} plotados na forma de carta em cores, com resolução de $\pm 350\text{m}$ e os dados de Exposição externa também na forma de carta em cores e com resolução de aproximadamente de 750m, foram elaborados a partir dos sobrevôos que foram realizados dentro do projeto aerogeofísico São Paulo – Rio de Janeiro (área Rio de Janeiro). O levantamento desses dados foi feito com as seguintes especificações: (1) altura média de vôo de 150m; (2) espaçamento entre as linhas de vôo de 10km;

(3) tempo de intervalo de integração gama de 1s. Todos esses dados passaram por um processamento com a técnica de *back-calibration* que consiste na conversão dos dados aerogamaespectrométricos medidos de “contagem por segundo” (cps) para concentração do elemento - Potássio em percentual (%), Urânio e Tório em parte por milhão (ppm), fazendo-se a correção de altitude, fundo atmosférico e efeito Compton. Essa técnica depois de aplicada dispensa o conhecimento do volume do cristal e a altura nominal do levantamento. (Mourão et al., 1996).

Processamento Digital das Imagens

O diagrama de blocos da figura 2 ilustra, de maneira geral, o processamento dos mapas digitais com dados radiométricos e geológicos. Inicialmente as imagens foram submetidas a um pré-processamento que consistiu na limpeza dos “ruídos” presentes e no georreferenciamento das mesmas, através do software IDRISI 32 em ambiente PC (Pentium III, 400MHz, 128 MbRam). No processo de georreferenciamento as coordenadas X e Y dos mapas foram substituídas por coordenadas geográficas: Latitude e Longitude.

Seguem abaixo as etapas do processamento digital das imagens que torna possível a integração de mapas. Esse procedimento metodológico é imprescindível, visto que os mapas de parâmetros ambientais e radiométricos apresentam diferenças quanto ao número de colunas, linhas e tamanho de pixels.

1 – Divisão dos mapas de parâmetros geoambientais em domínios, como por exemplo, tipos de rochas e solos;

2 – Transformação das imagens dos domínios geoambientais do formato raster (com pixels) para o formato vetor (com linhas), guardando apenas a área de cobertura do domínio e ignorando as características espaciais divergentes em relação ao mapa radiométrico;

3 – Reprodução da imagem radiométrica, guardando apenas as características espaciais;

4 – Reconversão da imagem em vetor para o formato Raster, através da ferramenta POLYRAS, que permite a geração da imagem do domínio geoambiental com as características espaciais idênticas às do mapa radiométrico;

5 – Processamento por meio de expressão matemática através da qual é possível multiplicar ou somar os valores que existem nas duas imagens;

O resultado final de todo o processo é a imagem do conteúdo radiométrico da área de interesse.

Resultados

A identificação de um antigo traçado de rio e planície de sedimentação presentes na bacia do rio Paraíba do Sul foi realizada através da integração dos dados. Nos levantamentos aéreos, a identificação de traçados de rios extintos é mais evidente que a de rios ainda correntes, pois, a umidade, seja da cobertura de vegetação ou da própria presença de regiões alagadas, gera “ruído” no dados.

Na figura 3 pode-se visualizar, de uma forma bastante definida, um leito antigo de um rio da bacia (teores de ^{40}K) e a sua respectiva bacia de sedimentação (teores de ^{232}Th e no mapa hidrogeológico representado como a área em amarelo-claro).

Pelos teores de ^{40}K , é possível constatar como é marcante a influência da presença da água para as medições aéreas, visto que, pode-se ver claramente essa antiga calha já seca, enquanto a atual é quase imperceptível.

A distribuição de ^{232}Th , evidencia a extensão de uma planície de inundação que se caracteriza como uma área de decantação de particulado fino (Sugiuo, 1980). Os resultados obtidos podem ser explicados pelas características químicas no ^{232}Th , como reduzida taxa de formação de compostos na água e maior índice de transporte na fase detrítica. Tal comportamento químico acarreta um maior carreamento desse radionuclídeo nos sedimentos finos e uma distribuição homogênea durante as inundações ocorridas nessa planície (Ivanovich, 1992).

A ausência de um traço marcante de Urânio nessa bacia pode ser explicada de duas formas distintas: os complexos formados entre o Urânio e os elementos da água podem ter sido de um tipo estável, não ocorrendo a possibilidade de reações químicas que acarretariam na sua precipitação, sendo, desta forma, transportado até a foz do rio. A segunda hipótese para explicar esse fato é mais simples. Na região norte do Estado, as concentrações de Urânio são muito baixas se comparadas com as outras regiões. Assim sendo, o que pode ocorrer é a baixa disponibilização de Urânio, em virtude dos baixos teores do referido radionuclídeo nas rochas fornecedoras de sedimentos.

Para a confirmação das inferências baseadas nas imagens, a definição das identidades de concentração de radionuclídeos na rocha fornecedora de sedimentos e na bacia de sedimentação pode ser utilizada para a definição de relação entre o local de origem e o local de sedimentação do material.

A Nas regiões próximas das cabeceiras dos rios, também chamados de curso superior, há intensa atividade erosiva e transportadora. O resultado é uma grande quantidade de detritos fornecidos pela água de rolamento (Leinz, 2001).

Os sedimentos gerados nesse fenômeno são também distribuídos ao longo do leito do rio. A identificação da área de deposição de sedimentos pode ser feita pela comparação entre os teores de radionuclídeos encontrados nessas calhas e nas regiões próximas. Os teores encontrados nesses sedimentos indicam relações com as rochas ígneas ou metamórficas pelas quais esses rios passaram anteriormente carreando sedimentos. Um exemplo desse processo está ilustrado na figura 4

As médias das concentrações e a razão Rocha/Sedimento são mostradas na tabela 1.

Tabela 1: Concentrações de radionuclídeos da rocha fornecedora de sedimentos e das áreas da bacia de sedimentação fluvial.

| | $e^{232}\text{Th}$ | ^{40}K | $e^{238}\text{U}$ |
|--|--------------------|-----------------|-------------------|
| Rocha fornecedora do sedimento (1) | $29,01 \pm 10,74$ | $2,13 \pm 0,76$ | $3,36 \pm 1,01$ |
| (Bacia de sedimentação (2)) | $19,07 \pm 9,76$ | $2,06 \pm 0,62$ | $2,06 \pm 0,98$ |
| RAZÃO | 1,52 | 1,63 | 2,9 |

Os dados encontrados podem ser explicados por características químicas e físicas dos sedimentos e dos elementos constituintes das rochas que sofreram a erosão e disponibilizaram os sedimentos carreados.

Partículas pesadas tendem a depositarem-se rapidamente, enquanto as leves são carreadas até maiores distâncias. O radionuclídeo $e^{238}\text{U}$, quando em ambiente redutor, ou seja, sem oxigênio, tem a valência 4^+ e é considerado insolúvel. Quando se encontra num ambiente oxidante como em contato com águas superficiais, mares e rios, passa a valência 6^+ e torna-se bastante reativo quimicamente, formando complexos aniônicos, como exemplo com o íon bicarbonato. Além disso, a quantidade de Urânio observada em águas superficiais também está associada com o total de sólidos dissolvidos (TDS). Na figura 5 ilustra o comportamento do Urânio em águas de rios de diferentes lugares do mundo de acordo com essas duas variáveis que explicam os teores de Urânio nas águas superficiais (Ivanovich, 1992).

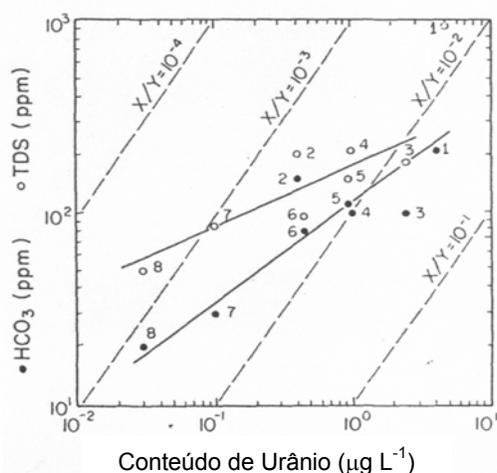


Figura 5 - Conteúdo de Urânio na água de acordo o tipo de associação (Carbonato de Urânio HCO_3 ou Total de Sólidos Dissolvidos TDS) (Fonte: Ivanovich, 1992).

O Potássio se comporta de maneira semelhante com relação a reatividade química na água, formando também com facilidade complexos com íons bicarbonato, entre outros.

Diferentemente dos demais, o $e^{232}\text{Th}$ apresenta concentrações muito reduzidas nas águas superficiais.

Isso se deve a sua baixa reatividade química quando comparado ao $e^{238}\text{U}$ e ao ^{40}K . Essa característica torna reduzido o transporte do Tório na forma de compostos, sendo mais comumente transportado quando em associação com a fase detrítica carreada pela água (Ivanovich, 1992).

Conclusões

Através da integração digital de mapas hidrogeológicos e radiométricos foi possível a identificação de um antigo traçado presente na bacia do Rio Paraíba do Sul, assim como a planície de sedimentação pelas variações nas concentrações dos Radionuclídeos. O antigo traçado ficou bem delineado na imagem correspondente as concentrações de ^{40}K , a planície de sedimentação foi delineada na imagem de $e^{232}\text{Th}$. As variações nas concentrações locais de $e^{238}\text{U}$ não forneceram dados devido as baixas contagens encontradas em aquela região.

Essa metodologia demonstrou ser uma ferramenta eficaz para a definição de áreas de interesse em estudos de paleohidrologia.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade do Estado do Rio de Janeiro/ Laboratório de Ciências Radiológicas, pelo suporte a realização deste trabalho, a FAPERJ pelo apoio financeiro, a CPRM e a Kenny Tanizaki Fonseca.

Referencias

- Fundação Centro de Informações e Estatística do Estado do Rio de Janeiro.** 1998 Estado do Rio de Janeiro: Território. 2. ed. Rio de Janeiro: CIDE 80p..
- Ivanovich, B.** 1992 Uranium-series Disequilibrium: Applications to Earth, Marine and Environmental Sciences. 2ª edição. Clarendon Press, Oxford.
- Leinz, V., Amaral, S. E.** Geologia Geral. 2001. Editora Nacional, 14ª edição, São Paulo.
- Mourão, L.M.F.; Monteiro, A.C.; dos Anjos, I.L.S.; Escobar, L.P.; Sinclair, R.** 1997. Aplicação da Técnica de Back-Calibration no Brasil para a Conversão de Dados Aerogamaespectrométricos de CPS para Concentração de Elementos. Anais do V Simpósio de Geologia do Sudeste. 331:333. Rio de Janeiro.
- Silva, L.C. et al** 2001 Geologia do Estado do Rio de Janeiro: texto explicativo do mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro. Brasília, CPRM.
- Suguio, K.** 1980. Rochas Sedimentares. Editora Edgard Bucher
- Wollenberg, H. A., Smith A. R. A** 1990 Geochemical Assessment of terrestrial γ -Ray Absorbed Dose Rates. Health Physics. 58, No 2, 183, 189..

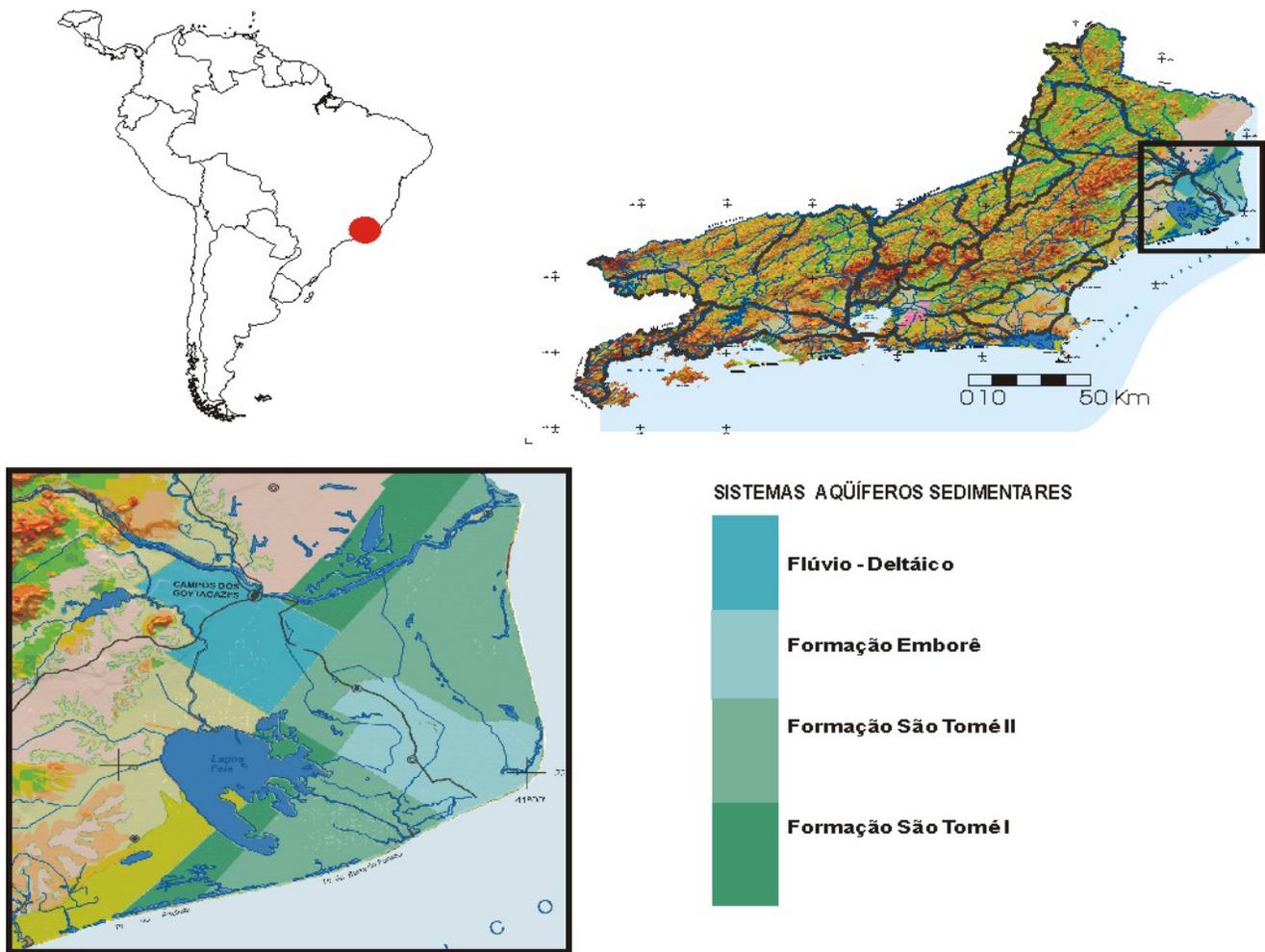


Figura 1: Área de interesse do estudo (Fonte CPRM, 2001).

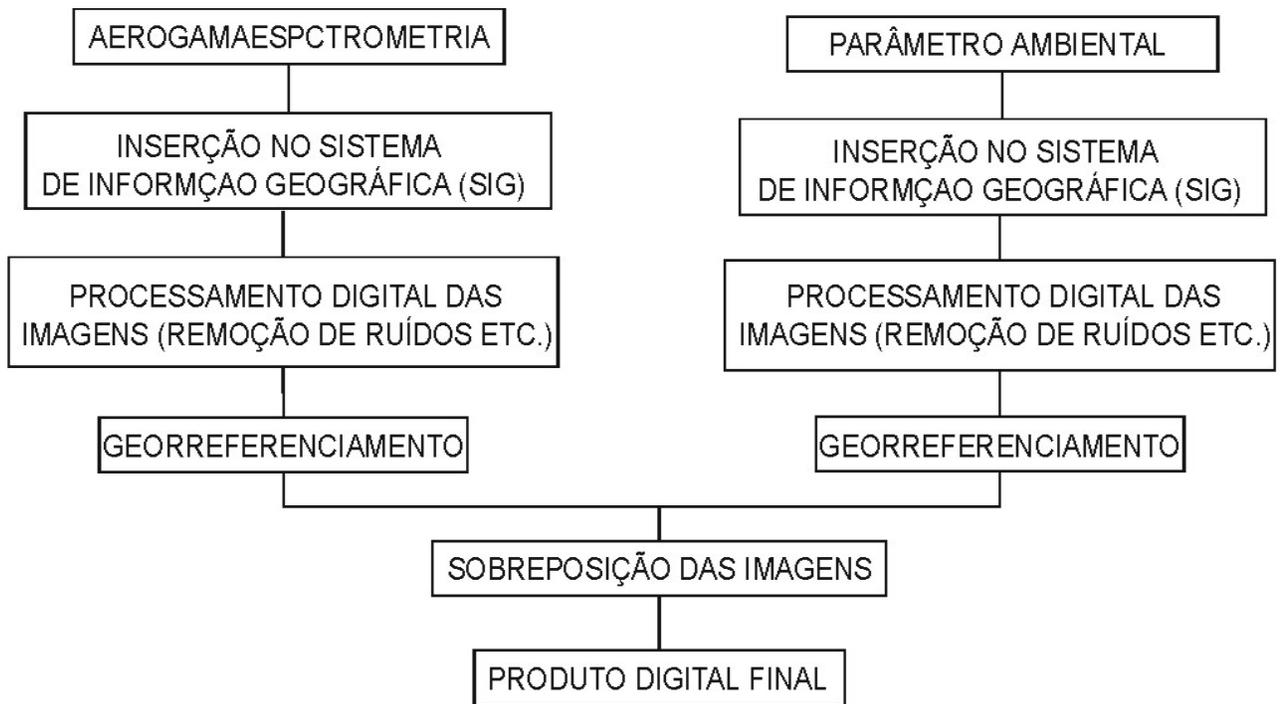


Figura 2: Diagrama de blocos demonstrativo das etapas do processamento digital das imagens.

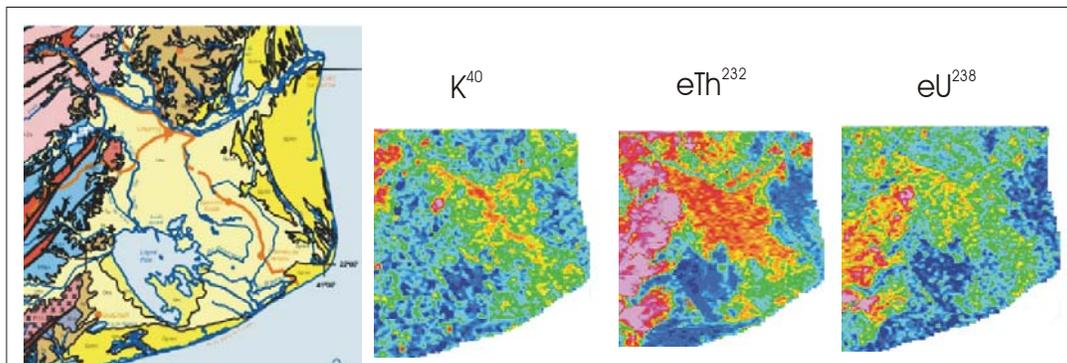


Figura 3 - Antigo leito de rio com sua bacia de sedimentação.

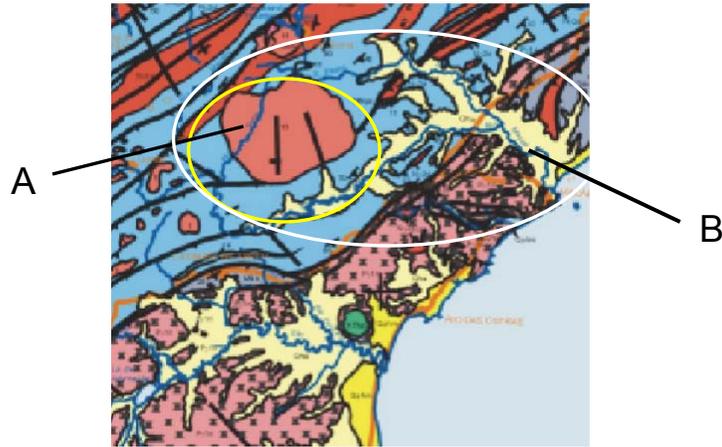


Figura 4 - Complexo rocha fornecedora de sedimentos (A) e bacia de sedimentação (B).