

# Localização, interpretação e modelagem geológica de camadas de carvão e de potenciais reservatórios na jazida Candiota, RS

*T.C. Alves<sup>1</sup>, R.C.Lopes<sup>2</sup>, L. Lima<sup>1</sup>, F.N. Fraga<sup>1</sup> & A.J.V. Garcia<sup>3</sup>*

1 UNISINOS, Av. Unisinos, 950, Bairro Cristo Rei - São Leopoldo/RS, E-mail: tiara81@gmail.com, lorelaigeo@yahoo.com.br, fabricio\_fraga@pop.com.br

2 CPRM, Av. Banco da Província, 105, Santa Teresa – Porto Alegre/RS, E-mail: ricardolopes@pa.cprm.gov.br

3 UFS, Av. Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze – São Cristóvão/SE, E-mail: aivgarcia@yahoo.com.br

**Abstract** The studied section comprises the Roadian-Wordian interval (Middle Permian) of the Rio Bonito Formation, Paraná Basin. It is composed of alluvial and deltaic fan deposits, fluvial-deltaic deposits and coastal plain deposits. The interaction of geophysical data with drilling probes was used to produce a geologic model representative of the behavior of the sedimentary bodies. From this analysis, and with support in previous work, it was verified the presence of three transgressive cycles of third order (1-10 Me), related to the appearance of the coal deposits.

**Palavras-chave:** Bacia do Paraná, Petrel, jazida Candiota, carvão, modelagem.

**INTRODUÇÃO E OBJETIVOS** O presente trabalho sintetiza os resultados preliminares de estudos realizados em uma jazida de carvão, no estado do Rio Grande do Sul. A área foi escolhida a partir da disponibilidade de dados de testemunhos de sondagem e sua distribuição no terreno. As informações foram cedidas pela CPRM (Serviço Geológico do Brasil) com acordo de responsabilidade para uso acadêmico, tratando-se de perfis geofísicos de Raios Gama, Resistividade, Resistência e Potencial Espontâneo, além de descrições litológicas de testemunho.

O objetivo inicial do projeto engloba a construção e estruturação adequada de um banco de dados, a fim de facilitar sua utilização e preservar em meio digital os dados analógicos. Essa etapa ainda se encontra inacabada, uma vez que as informações são fornecidas de forma analógica e transformadas para digital, em um lento processo. No entanto, com os dados estruturados, é possível passar à segunda etapa.

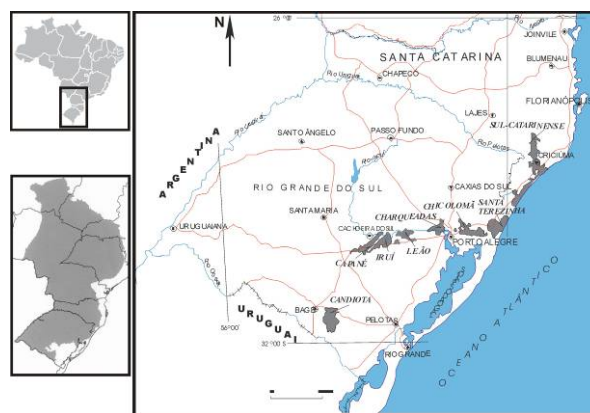
Aqui, procurou-se localizar, correlacionar e mapear as camadas de carvão e pacotes de arenitos considerados potencialmente reservatórios. Uma vez mapeados, os corpos sedimentares foram utilizados na geração de um modelo tridimensional. Esse modelo mostra a geometria e a arquitetura dos pacotes sedimentares e tenta prever o comportamento das litofácies e dos fluidos a partir da análise das heterogeneidades observadas.

A correlação entre os poços, as reinterpretações e a geração do bloco diagrama foram rerealizados com utilização do *software* *Petrel*, da *Schlumberger*. A licença foi cedida à Unisinos e, posteriormente, à UFS.

Ressalta-se que todas as informações cedidas pela CPRM, bem como o *software* cedido pela *Schlumberger*, só foram possíveis de serem trabalhados a partir de parcerias de cunho acadêmico.

**CONTEXTO HISTÓRICO/GEOLÓGICO E TRABALHOS DESENVOLVIDOS** A Bacia do Paraná se estende desde a República Oriental do Uruguai, ao sul, até a região norte do estado do Mato Grosso, no Brasil, com prolongamentos para o Paraguai e Argentina. Trata-se de uma bacia intracratônica com maior extensão na direção NNE-SSW, com 1750 km de comprimento e 900 km de largura.

A área selecionada para o estudo corresponde à Jazida Candiota, localizada nas proximidades de Hulha Negra e Seival, centro-sul do estado do Rio Grande do Sul (Fig. 1).



*Figura 1. Mapa com a localização das principais jazidas de carvão do Brasil. Modificado de Lopes et al. (2003)*



Na jazida Candiota se concentram cerca de 38% dos recursos conhecidos de carvão do Brasil. Esse bem mineral encontra-se disposto em camadas pertencentes à Formação Rio Bonito, Grupo Guatá, Supergrupo Tubarão, Bacia do Paraná (Fig. 2).

A descoberta da jazida Candiota data do final do século XIX. Os recursos atingem  $12 \times 10^9$  toneladas de carvão *in situ*, dos quais cerca de  $7,7 \times 10^9$  toneladas encontram-se na Camada Candiota. Essa chega a atingir 7m de espessura (Lopes *et al.* 2003) e é considerada a principal camada de carvão dessa jazida. Ocorrem ainda mais doze camadas de carvão que podem apresentar interesse econômico em função do setor da jazida e método de lavra adotado. Atualmente a exploração da camada Candiota é feita pela Companhia Riograndense de Mineração (CRM). É utilizado diretamente para produção de energia elétrica pela Usina Presidente Médice, pertencente à CGTEE (Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica). Essa possui capacidade instalada de 446 MW, mas encontra-se

em fase de ampliação para 796 MW. A produção da mina para atender a demanda atual de geração situa-se em  $1,9 \times 10^6$  toneladas de carvão/ano, com poder calorífico entre 2.600 e 3.200 kcal/kg e teor de cinzas entre 52,2 e 59% (Gomes 2002).

O mapa topográfico da área de estudo onde os poços estão distribuídos pode ser visto na Fig 3.

Os dados geofísicos trabalhados nesse projeto foram adquiridos nas décadas de 1970 e 1980, em formato analógico. Logo, para a construção do banco de dados se fez necessária a transformação das curvas para formato digital. Nesse processo, foi desenvolvida uma nova metodologia que consiste em: (1) scanerização em escala 1/1 dos dados geofísicos; (2) importação da imagem e digitalização em um *software* específico que gere tabelas (para o atual trabalho utilizou-se o *AutoCad*); (3) exportação das tabelas contendo as profundidades de medida e os valores correspondentes às propriedades para cada perfil; (4) modificação para formato aceitável pelo *Petrel*.

Bacia do Paraná				
Gondwana I			Gondwana II	Gondwana III
Paleozóico			Mesozóico	
Carbonífero	Permiano		Triássico	Jurássico/Cretáceo
Grupo Itararé	Grupo Guatá	Grupo P. Dois	Grupo São Bento	
Fm. Rio do Sul	Fm. Rio Bonito	Fm. Palermo	Fm. Rosário do Sul	Fm. Botucatu
Depósitos Glaciais	Depósitos ligados a leques aluviais, leques deltáicos, depósitos fluvio-deltáicos e planície costeira	Ambiente marinho raso	Ambiente flúvio-lacustre	Ambiente desértico
		Fm. Irati	Fm. Santa Maria	Fm. Serra Geral
		Ambiente marinho restrito	Ambiente eólico	Magmatismo e abertura do oceano Atlântico – fragmentação do supercontinente Gondwana
		Fm. Serra Alta e Teresina		
		Condições marinhas mais profundas		
		Fm. Rio do Rastro, Pirambóia e Sanga do Cabral		
		Depósitos flúvio-deltáicos sob condições oxidantes		

Figura 2. Tabela estratigráfica da Bacia do Paraná, modificada de Schneider *et al.* (1974), adaptada por Aboarrage & Lopes (1986) e Milani (2004)

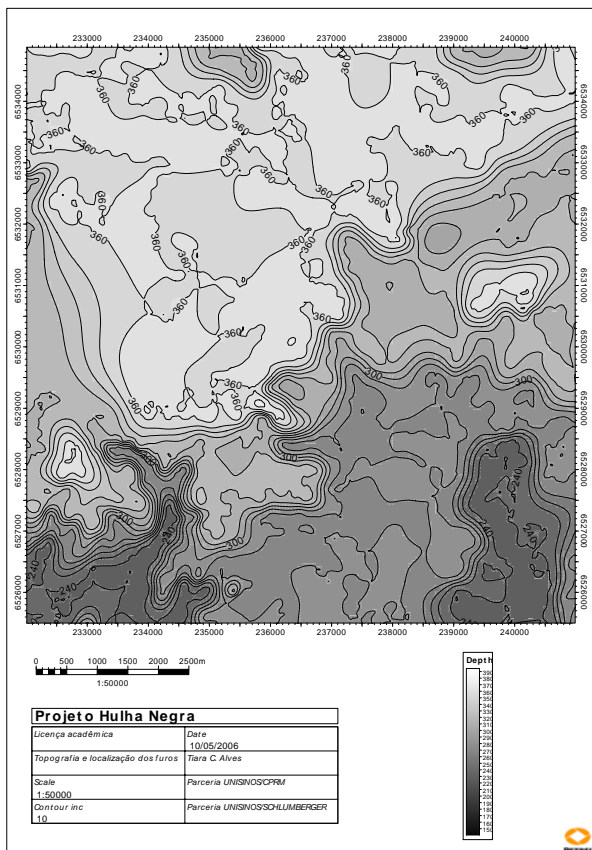


Figura 3. Mapa topográfico da área em estudo onde se os poços em estudo se encontram distribuídos

Para os dados litológicos, as seguintes etapas foram executadas: (1) as descrições de testemunhos são digitadas em planilha *excel* e (2) transformadas para arquivos do tipo ASCII, aceito pelo *Petrel*.

Atualmente, dos 340 poços disponibilizados pela CPRM, tem-se 100 poços no banco de dados, já reinterpretados, utilizando a janela *Well sections* do *Petrel*. Uma etapa de consolidação e certificação dos dados digitais deverá ser desenvolvida com a participação de técnicos da Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM).

Todos os dados cedidos pela empresa vieram acompanhados por uma interpretação prévia do topo e base de cada unidade litoestratigráfica. Essas interpretações foram feitas por geólogos da empresa nas décadas de aquisição desses poços. A heterogeneidade nas interpretações gerou a necessidade de uma padronização e conseqüente reinterpretação desses dados.

Os perfis utilizados apresentam resolução vertical de 1,5 m para Potencial Espontâneo (SP) e 0,5 m para Raios Gama, Resistência e Resistividade. As curvas dos perfis correspondem a médias móveis das propriedades das rochas, e são lidas de maneira contínua. Partindo desse princípio, fez-se a

correlação dos perfis com as litologias observadas em testemunhos.

Alguns perfis apresentaram, ainda, valores anômalos devido ao uso de diferentes equipamentos, com diferentes escalas de aquisição. Para evitar a utilização inadequada desses dados, fez-se um controle de qualidade a partir de histogramas. Uma vez localizadas, essas curvas foram substituídas por valores interpolados entre aqueles considerados confiáveis.

As correlações em cada uma das seções foram procedidas a partir da identificação de picos repetitivos nos perfis de Raios Gama e localização nos testemunhos de sondagem. Para essa etapa, foi escolhido um *datum*, posicionado entre as Formações Rio Bonito e Palermo, que representa uma fase de relativa estabilidade da bacia no intervalo estudado.

Foram identificadas cinco camadas principais de arenito consideradas potenciais reservatórios (Fig. 4). Esses pacotes possuem tanto variação lateral quanto de espessura, e ao observar as curvas de resistividade e resistência, verifica-se que alguns possuem fluidos salobros.

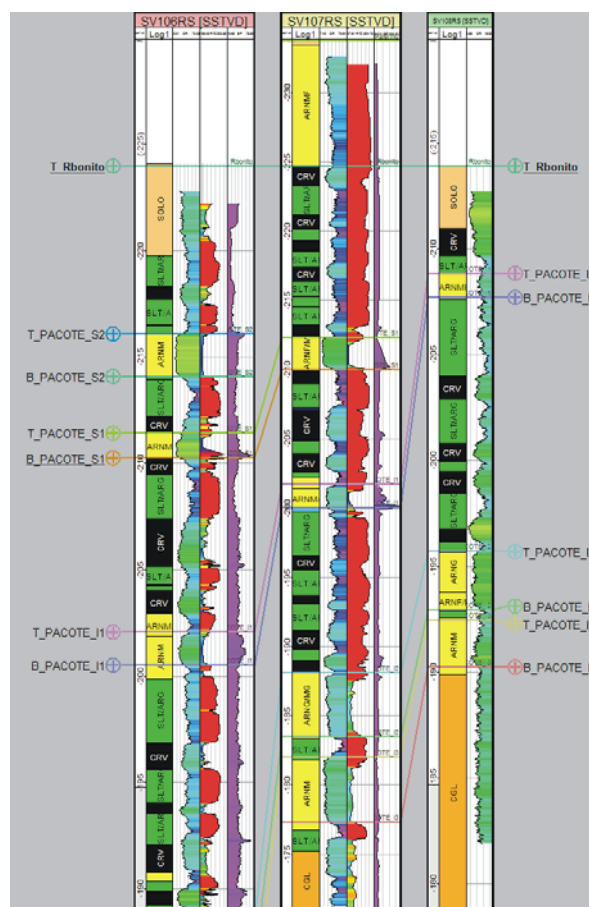
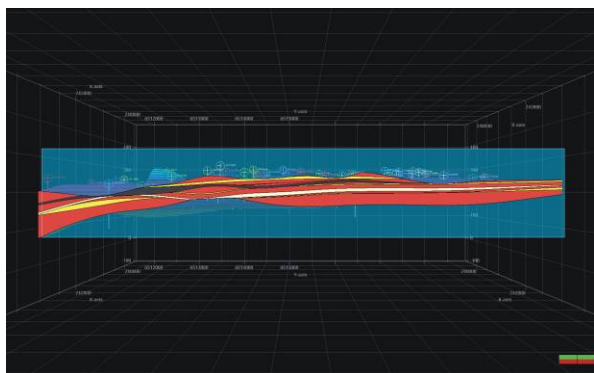


Figura 4. Well Section mostrando algumas correlações feitas entre os poços. Observar os potenciais reservatórios identificados (Pacote\_S2, Pacote\_S1, Pacote\_I1, Pacote\_I2 e Pacote\_I3)



A disponibilidade dos dados possibilitou a criação de vários blocos diagrama, focando tanto na rocha como nas distintas propriedades observadas.

A partir dos horizontes identificados nos poços, foi possível criar um modelo tridimensional para os corpos sedimentares. O padrão geométrico apresentado (Fig. 5) foi gerado sem incluir as interpretações das falhas. O mapeamento e a inserção das falhas no modelo estão previstos para serem feitos em uma próxima etapa do projeto.



*Figura 5. Bloco-diagrama mostrando o comportamento dos arenitos considerados como potenciais reservatórios (amarelo) e localização da Camada Candiota (cinza)*

A boa distribuição lateral dos dados de Raios Gama e Resistividade possibilitaram a geração de blocos diagrama para cada uma dessas propriedades. A propriedade Raios Gama reflete claramente a litologia descrita, sendo possível uma boa correlação rocha-perfil. Observa-se que os valores

de resistividade variam dentro de uma mesma camada de arenito. Isto ocorre devido à salinização dos aquíferos em alguns trechos bem como pode estar relacionada a variações faciológicas não descritas nos perfis originais.

Os arenitos estudados constituem bons exemplos de rocha-reservatório, tendo em vista sua boa distribuição lateral e espessura. Além disso, suas características texturais indicam volumes significativos de rocha porosa para o armazenamento de fluidos.

Observou-se que em determinadas regiões, está ocorrendo salinização dos aquíferos. Existem vários possíveis motivos para esse fenômeno. O contato do fluido dos arenitos com camadas de carvão pode ser considerado uma das razões. Faz-se importante, nesse caso, o papel da porosidade e da permeabilidade desses arenitos. Porém, como o ambiente de deposição era composto, dentre outros, por planície costeira, significa que o fluido desses arenitos era originalmente salobro. Nesse caso, estaria ocorrendo o contrário: uma contaminação por água doce. Esse evento poderia estar ocorrendo por percolação por meio de falhas, ou devido à atividade de extração do carvão, que expõe os pacotes de arenito à ação meteórica.

Na continuidade do projeto, e tentativa de esclarecimento da questão acima, pretende-se utilizar dados de lâmina delgada. O estudo petrográfico visará à caracterização dos atributos texturais e composicionais, bem como processos diagenéticos relacionados com a história de soterramento da bacia na região estudada.

## Referências

- ABORRAGE A.M. & LOPES, R. da C. 1986. *Projeto A Borda Leste da Bacia do Paraná: integração geológica e avaliação econômica*. Porto Alegre: DNPM/CPRM 18v. (Inédito).
- APPI C.J. & ROSTIROLLA S.P. 2004. Modelagem da Anisotropia em sistemas fraturados a partir de estudos de alta resolução na Bacia do Paraná, Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, Rio de Janeiro, **12**(1):125–147.
- CPRM. *Projeto Grande Candiota, Bloco Seival II: relatório final de pesquisa*. Porto Alegre, 1983. 6 v. (Inédito)
- CPRM. *Projeto Grande Candiota, Bloco Hulha Negra: relatório final de pesquisa*. Porto Alegre, 1983. 7 v. (Inédito)
- CPRM. *Projeto Grande Candiota, Bloco Seival III: relatório final de pesquisa*. Porto Alegre, 1988. 1 v. (Inédito)
- ELIAS A.R.D., LAVINA E.L., GARCIA A.J.V. 1999. Estratigrafia de seqüências e diagênese no permiano inferior da Bacia do Paraná na região centro-oeste do Rio Grande do Sul-Brasil. *Acta Geológica Leopoldência*, São Leopoldo, **XXIII**(49):53-74.
- GOMES A.J.P. 2002. *Carvão no Brasil, Turfa Agrícola: Geologia, Meio Ambiente e Participação Estratégica na Produção de Eletricidade no Sul do Brasil*. Ed. EST, Porto Alegre, 164 p.
- LOPES R. da C., FACCINI U.F., PAIM P.S.G., GARCIA A.J.V. & LAVINA E.L. 2003. Barras de maré na Formação Rio Bonito: elementos arquiteturais e geometria dos corpos (Iruí e Capané – RS). In: PAIM P.S.G., FACCINI U.F. & NETTO R.G. (Eds.). *Geometria, arquitetura e heterogeneidades de corpos sedimentares – Estudo de casos*. São Leopoldo, Ed. UNISINOS, p.78 – 92.
- LOPES R. da C., LAVINA E.L., PAIM P.S.G. & GOLDBERG K. 2003. Controle estratigráfico e deposicional na gênese dos carvões da região do rio Jacuí (RS). In: PAIM P.S.G., FACCINI U.F. & NETTO R.G. (Eds.). *Geometria, arquitetura e heterogeneidades de corpos sedimentares – Estudo de casos*. São Leopoldo, Ed. UNISINOS, p.187 – 206.





**XLIII Congresso Brasileiro de Geologia**  
Aracaju, 3 a 8 de setembro de 2006

MILANI E.J. Comentário sobre a origem e a evolução tectônica da Bacia do Paraná. In: NETO V.M., BARTORELLI A., CARNEIRO C.D.R., BRITO NEVES B.B. (orgs.). *Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*, Ed. Beca, p. 265 – 279, 2004.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Secretaria de Minas e Metalurgia, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil.

*Excursão Virtual aos Aparatos da Serra – RS/SC: Aspectos geológicos e turísticos – Cânions do Itaimbezinho e Fortaleza*, Superintendência Regional de Porto Alegre, 2004.

SCHNEIDER R.L., MÜHLMANN H., TOMMASI E., MEDEIROS R.A., DAEMON R.F., NOGUEIRA A.A. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 28, Porto Alegre. *Anais ...* Porto Alegre : SBG , v. 1, p.41-65, 1974.