

INFLUÊNCIA DE INTRUSÕES DE DIABÁSIO E FALHAS INVERSAS NO COMPORTAMENTO DAS CAMADAS DE CARVÃO NAS PROXIMIDADES DA FAIXA COSTEIRA DO SUL DE SANTA CATARINA

Antonio Sílvio Jornada KREBS¹; Roberto ROMANO NETO. ¹; Luciane GARAVAGLIA ¹; Graziela Torres RODRIGUES¹; Márcia Raquel Ronconi de SOUZA²

¹Núcleo de Meio Ambiente do Centro Tecnológico de Carvão Limpo (CTCL) da Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina (SATC). Rua Pascoal Meller, 73. Bairro Universitário. CEP 88.805-380. Criciúma/SC. Tel. (48) 3431-7612. ²Unibave – Centro Universitário Barriga Verde. Campus Orleans. Rua Padre João Leonir Dall'Alba, 601. CEP 88870-000. Orleans/SC. Tel. (48) 3466-5600.

RESUMO

A presença de intrusões de diabásio junto às camadas de carvão em Santa Catarina já é tema bem conhecido e bastante estudado. Porém, a presença de falhas inversas, geneticamente, relacionadas a estas intrusões, seccionando a sequência Gondwânica onde estão contidas as camadas de carvão, é assunto novo. Sabe-se que à medida que se dirige em sentido da linha de costa as unidades geológicas sofrem afundamento gradativo, controlado por falhas regionais N60°E. O estudo geofísico realizado nesta faixa costeira, demonstrou a presença de intrusões de diabásio em toda esta porção até uma profundidade de 200 m, aprofundando-se em direção à linha de costa onde entre 300 a 400 m. A interpretação dos perfis litológicos dos furos de sonda bem como das seções geológicas indicam que nesta porção costeira, onde se posicionam as camadas de carvão, ocorrem três soleiras de diabásio, emplaçadas em diferentes intervalos estratigráficos. A soleira posicionada no intervalo estratigráfico mais superior está intrudida na Formação Irati. Com relação à soleira intermediária, a modelagem da variável de espessura do maciço rochoso intercamadas Barro Branco e Bonito permitiu estimar-se a delimitação dessa soleira e o controle que a mesma exerce sobre a espessura do maciço intercamada, fazendo com que ele apresente espessuras variáveis de 31,66 m em furos realizados nas proximidades da BR-101, e de até 150,35 m em furos executados nas proximidades da linha de costa. Em Araranguá, onde ocorre esta soleira, foi identificada uma falha regional N75°W, que no intervalo estratigráfico da camada Barro Branco comporta-se como falha inversa, com rejeito vertical da ordem de 90m; e no intervalo estratigráfico correspondente à camada Bonito, esta mesma falha comporta-se como falha normal, com rejeito vertical da ordem de somente 5m. Este fato demonstra que a soleira de diabásio, que nas proximidades da falha possui espessura de 98m (furo MML 11), “empurrou” o maciço rochoso para cima, fazendo com que esta falha no intervalo estratigráfico da camada Barro Branco se comporte como falha inversa. Com relação à soleira de diabásio mais profunda, ou seja, aquela que é emplaçada no nível estratigráfico correspondente à camada de carvão Bonito Inferior, a interpretação das seções geológicas e mapas geofísicos demonstrou que esta soleira está presente somente nas proximidades da linha de costa. Todas estas soleiras exercem influência direta ou indireta sobre as camadas de carvão, principalmente as camadas Barro Branco e Bonito. A soleira mais superior, por se posicionar estratigraficamente acima das camadas de carvão, praticamente não afeta as referidas camadas. Porém, as soleiras intermediária e inferior, dependendo do intervalo estratigráfico em que estão emplaçadas, podem queimar parcialmente e, em casos extremos, consumir totalmente as referidas camadas de carvão.

Palavras-chave: Camada de carvão, Soleira de diabásio, Falha inversa

ABSTRACT

The presence of diabase intrusions in the coal layers of Santa Catarina is a matter already well known and studied. However, the presence of reverse faults genetically related to these intrusions, which divide the Gondwanic sequence, in which are the coal layers is a new issue. We know that as far as we move towards the coastal line the geologic units suffer a gradual sinking controlled by regional faults N60E. The geophysical study done through magnetometric survey in this coastal area showed the presence of diabase all over the area up to a depth of 200 m. In depth between 300m

and 400m the diabase is present only in restrict locals situated near the coastal line. The analysis of the lithological profiles as well as the geological sections indicate that in this coastal area in which are the coal layers there are three diabase sills combined in different stratigraphic intervals. The diabase sill found in the upper range is intruded in the Formação Irati. Regarding to the intermediate sill the modeling of the thickness variable of the rock mass interlayers Barro Branco and Bonito allowed to estimate the limit of this sill and the control it exerts over the mass interlayer thickness, causing it presents variable thickness of 31,66 m in drilling holes done near the Br-101 as far 150,35 m near the coastal line. In Araranguá, where there is this sill, we identified a regional fault N75W which behaves as a reverse fault in the stratigraphic interval corresponding to the Barro Branco layer, with vertical tailings of 90 m. in the stratigraphic interval of Bonito layer the same fault behaves as a normal fault with vertical tailings of only 5 m. This situation shows that the diabase sill, which near the fault (hole MML11) is 98m thick, pushed the massive up, causing this fault to behave as a reverse fault in the stratigraphic interval of Barro Branco layer. Regarding to the deepest diabase sill, that is, the one which is situated in the stratigraphic level corresponding to the Bonito Inferior coal layer, the analysis of geological sections and geophysical maps showed this sill is present only near the coastal line. All the sills influence in a direct or indirect way over the coal layers, mainly over Barro Branco and Bonito layers. The upper sill practically does not affect the referred layers because it is stratigraphically above them. However, the intermediate and lowest sills, depending on the stratigraphic interval they are situated, can partially burn these coal layers. In extreme cases, they can totally consume the referred coal layers.

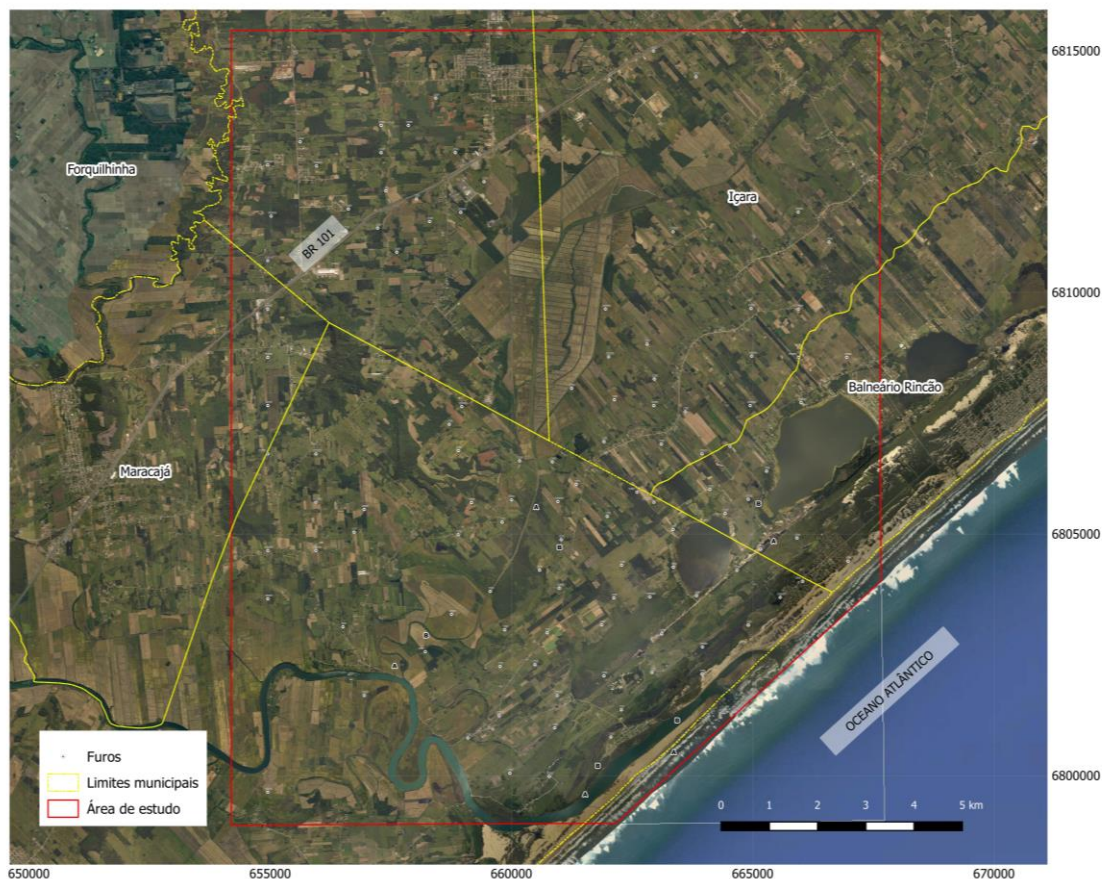
Key-Words: coal layer, diabase sill, reverse fault

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta a análise geológico-estrutural de uma porção da região costeira do sul de Santa Catarina (Figura 1), na qual foram identificadas pela primeira vez feições estruturais

associadas com intrusões de diabásio em trabalhos de pesquisa exploratória com sondagens e em afloramentos de minas de carvão.

Figura 1 - Localização da área de estudo.



As principais feições presentes na faixa costeira da bacia carbonífera de Santa Catarina são os falhamentos, mas também ocorrem fraturas e diques. A leitura das seções geológicas indica também a presença de dobras regionais abertas, controladas por falhas. As verificações realizadas em subsolo mostram que junto aos planos de falhaé comum a presença de pequenos *drags*, *slikensides* e *slikenlines*, indicando o movimento relativo dos blocos.

Com relação aos aspectos estruturais, sabe-se que o entendimento do comportamento estrutural, principalmente no que se refere à identificação de falhas ou blocos basculhados, permitirá a otimização do planejamento de lavra da camada de carvão. Além disso, as falhas influenciam no sentido de fluxo do aquífero profundo, uma vez que este está geneticamente relacionado às camadas de arenito que ocorrem nas formações Palermo e Rio Bonito.

A interpretação do comportamento estrutural desta faixa costeira baseou-se principalmente nas informações disponibilizadas pelos técnicos da Maracajá Mineração Ltda., nas informações disponibilizadas pelas sondagens executadas para a pesquisa de carvão nestas áreas. Também foram consideradas informações obtidas em trabalhos de detalhe, envolvendo mapeamento de tetos e paredes de galerias na Mina Esperança, situada no município de Treviso, e Mina 101, em Içara, bem como trabalho desenvolvido por KREBS (2004).

Com o objetivo de se verificar a espessura dos depósitos arenosos, dos pacotes rochosos correspondentes às diferentes formações geológicas, das intrusões de diabásio e das camadas de carvão, foram analisados centenas de perfis litológicos das sondagens executadas para carvão, realizadas pela CPRM para o DNPM, bem como perfis litológicos de furos executados pelas empresas mineradoras de carvão que atuam ou já atuaram nesta área costeira e, principalmente, os perfis litológicos dos furos de sonda (sigla MML), executados para a pesquisa das áreas de concessão da Maracajá Mineração Ltda.

A interpretação de fotografias aéreas constitui uma das principais ferramentas para o estudo estrutural de uma área. Porém, neste caso, ela pouco auxiliou uma vez que a maior porção da faixa costeira está coberta por sedimentos de idade Quaternária. Dentro desta ótica, a Maracajá

Mineração Ltda. contratou um estudo geofísico através de levantamento magnetométrico e perfis de imageamento elétrico. Este estudo foi executado pela empresa AFC Geofísica Ltda, entre os dias 09 de janeiro e 23 de fevereiro de 2014. Os métodos geofísicos empregados foram a Magnetometria Terrestre e a Eletrorresistividade, através da técnica do Imageamento Elétrico Bidimensional, e abrangeu a porção situada entre a rodovia BR-101, em seu trecho Maracajá/Criciúma, até a faixa costeira, junto à foz do rio Araranguá.

2 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA

Os trabalhos de campo realizados por ocasião da execução das sondagens para a pesquisa das áreas da Maracajá Mineração bem como a leitura do mapa geológico realizado por KREBS (2004) e a interpretação dos perfis litológicos dos furos de sonda e seções geológicas permitiram verificar-se que na faixa costeira estudada e entorno imediato afloram litologias pertencentes às formações Serra Geral e Rio do Rasto, Estrada Nova e Irati. Nas porções com cotas topográficas mais baixas, ocorrem sedimentos inconsolidados, os quais constituem os Depósitos de Laguna-Barreira Pleistocênica, Depósitos de Laguna-Barreira Holocênica e Depósitos Flúvio Lagunares. As formações Palermo, Rio Bonito e Rio do Sul não afloram na área pesquisada e foram identificadas através das sondagens realizadas.

A Formação Serra Geral constitui uma faixa alongada segundo N-S, formando um *sill* no intervalo estratigráfico correspondente ao terço médio/superior da Formação Irati. Dependendo da espessura desta soleira, em alguns locais ela alcança o intervalo estratigráfico correspondente ao terço inferior da Formação Estrada Nova, como se pode observar na localidade de Espigão da Toca e imediações da área urbana de Maracajá. Nas proximidades da área urbana de Maracajá ocorre também uma intrusão em forma de *neck* onde atualmente se explota brita.

A Formação Rio do Rasto aflora de maneira subordinada no extremo sul da área, nas proximidades da foz do rio Araranguá, onde constitui pequenas elevações que sustentam a topografia local. Do ponto de vista litológico, é formada por espessas camadas de arenito fino, quartzoso de cor avermelhada que intercala finas camadas de siltito laminado de cor bordô. Estas elevações formam

pequenas ilhas cercadas por sedimentos inconsolidados.

Os Depósitos de Leques aluviais ocorrem nas proximidades da cidade de Maracajá e nas proximidades da rodovia BR - 101. São constituídos por camadas de cascalhos capeadas por uma camada de material predominantemente argiloso. Sua área de ocorrência é quase toda utilizada para cultivo de arroz irrigado.

Os Depósitos de Laguna-Barreira Pleistocênica cobrem toda a porção central da área, onde constituem extensos depósitos de areia fina, cor cinza esbranquiçada, quartzosa, com alguns fragmentos de conchas. Estes depósitos são explotados pelos areeiros locais. Na porção centro-norte, observam-se algumas cavas de areia.

Os Depósitos de Laguna-Barreira Holocênicos estão presentes ao longo da linha de costa. Do ponto de vista litológico formam um extenso depósito de areia fina, esbranquiçada, quartzosa, com abundantes estruturas sedimentares tipo estratificação plano paralela e/ou ondulada na base. Constituem a atual barreira litorânea.

Os Depósitos de Flúvio-Lagunares ocorrem intercalados com os Depósitos de Laguna-Barreira Pleistocênicos. Constituem as porções, topograficamente, mais baixas da área, presentes ao longo da planície do rio dos Porcos. Do ponto de vista litológico formam depósitos predominantemente argilosos, onde o lençol freático é subaflorante.

Com relação às camadas de carvão, as sondagens realizadas no âmbito da área pesquisada indicaram que nesta porção ocorrem quase todas as camadas de carvão que ocorrem intercaladas no Membro Siderópolis da Formação Rio Bonito (Barro Branco, Irapuá, Ponte Alta, Bonito Superior, Bonito Inferior, Pré-Bonito superior e Pré-Bonito Inferior, porém, somente as camadas Barro Branco e Bonito Inferior) apresentaram interesse econômico.

3 CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL

A análise estrutural desta área foi realizada com base na leitura de mapas estruturais da lapa das camadas de carvão (Barro Branco e Bonito Inferior), na construção de seções geológicas que consideraram as informações dos perfis litológicos

dos furos executados, bem como nos resultados do levantamento geofísico.

A leitura do mapa de contorno estrutural da lapa da camada de carvão Barro Branco (KREBS, 1984; ABORRAGE; LOPES, 1986) bem como a correlação dos perfis litológicos de furos executados para pesquisa de carvão indicam que nesta região costeira existem várias falhas N45°-60°E, aproximadamente paralelas à linha de costa, que provocam basculamento de blocos, com afundamento das camadas geológicas à medida que se aproximam do litoral.

De acordo com Krebs (2004), o rifteamento, ocorrido no Terciário deu origem à Bacia Sedimentar de Pelotas, teve início na área estudada, aproximadamente na altura da BR-101, estando especificamente neste local relacionado a grandes falhas E-W e N45°-60°E, estas últimas paralelas à linha de costa. Essas falhas provocaram provocam um basculamento de blocos com afundamento das camadas geológicas à medida que se aproximam do litoral. A leitura da Seção Geológica N – S (KREBS, 2004) (Figura 2), sugere que tais falhas constituem uma grande estrutura tipo hemiflor negativa que tem continuidade na plataforma continental. A presença desse tipo de falha caracterizam áreas com esforços distensionais.

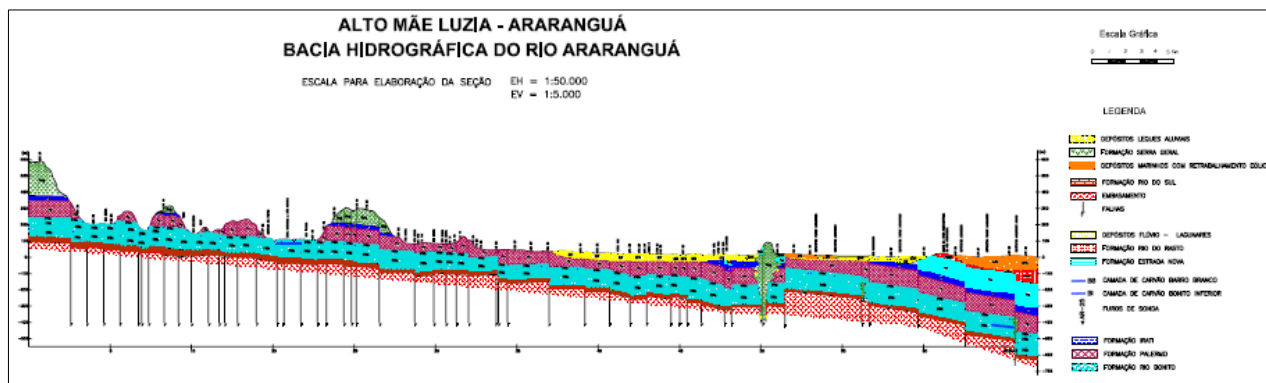
Na seção geológica N-S (Figura 2), executada ao longo da coordenada UTM 652.000E, também, observa-se que ocorre nítida mudança no comportamento estrutural das rochas sedimentares gondiônicas devido à presença de falhas N60° - 75°W. Entre estes dois furos existem pelo menos duas falhas pertencentes a este sistema que provocam um soerguimento de aproximadamente 100m na cota da lapa das camadas de carvão, com bloco alto posicionado para SW, isto é, ao contrário do que normalmente se verifica.

Este condicionamento é resultante de reativações de falhamentos antigos que sofreram diversas reativações em diferentes épocas geológicas, evidenciando a atuação de processos neotectônicos (TRAININI *et al.*, 1978; KREBS *et al.*, 1990). Vários autores, como Fúlfaro (1980), Dias Neto (1986), Zalán *et al.* (1987; 1990), fazem menção a estes falhamentos N45°-60°E que ocorrem junto à linha de costa. Zalán *et al.* (1990b), Quintas *et al.* (1999) apresentam modelo de evolução tectônica da Bacia do Paraná. Fontana (1994) e Gonçalves *et al.* (1979) abordam aspectos

relacionados à neotectônica e à sismoestratigrafia da Bacia de Pelotas até a Plataforma de Florianópolis. Sabe-se que a porção costeira da bacia do Araranguá situa-se nas proximidades do limite norte da bacia de Pelotas. Estes autores

demonstraram que estas falhas nordeste provocam basculamento de blocos, com afundamento para sul-sudeste, isto é, em direção ao centro da referida bacia.

Figura 2 - Seção geológica N-S.

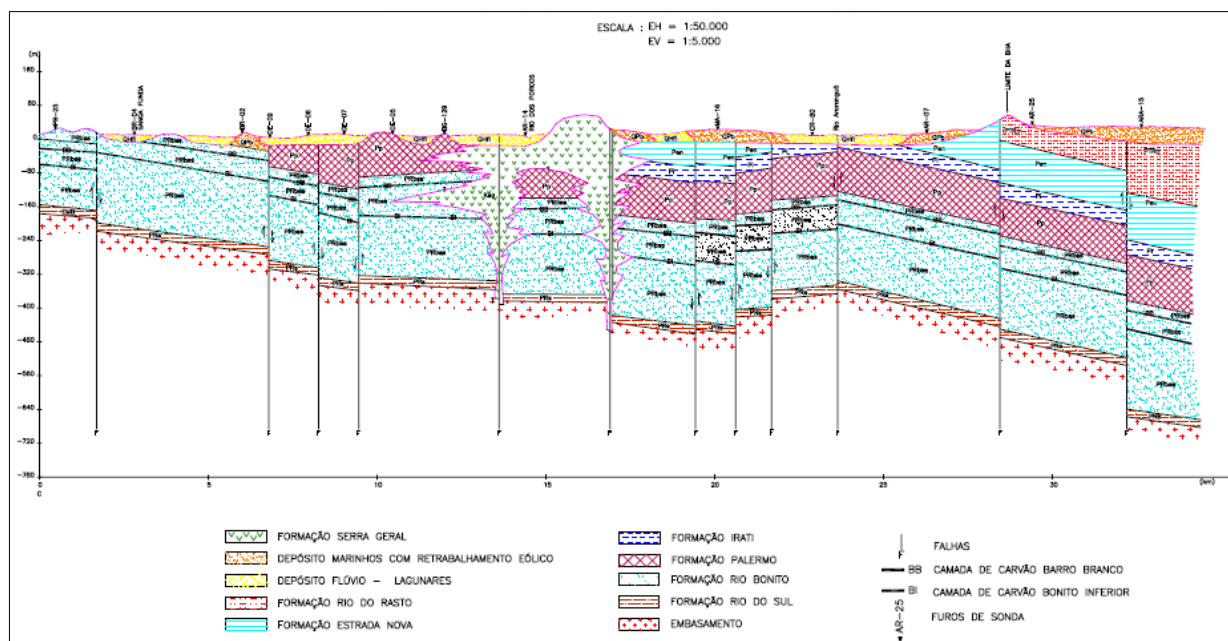


Fonte: KREBS (2004).

A interpretação da seção geológica Içara – Araranguá (KREBS, 2004), orientada segundo NE-SW (Figura 3), comprova que os estratos rochosos mergulham de nordeste para sudoeste. Nessa seção, que se inicia nas proximidades da localidade de Sanga Fundav e se estende por 35 km, as camadas de carvão vão afundando na direção SW. Se considerada a cota da lapa da camada de carvão Barro Branco no furo PB-25-SC, situado no alto

curso do Rio dos Porcos, verifica-se que ela apresenta valor de -41,11m. No furo ARA-15-SC, situado ao sul da cidade de Araranguá e distante 37,5km para sudoeste do primeiro. A cota da lapa da referida camada de carvão é de -427,79 m, evidenciando rejeito vertical aparente de 386,68 m entre ambos.

Figura 3 - Seção geológica NE-SW.



Fonte: KREBS (2004).

Na mesma seção (Figura 3) observou-se que entre os furos MA-16 e CR-80 ocorre uma inversão no basculamento dos blocos devido à presença de três falhas de orientação noroeste. Se prolongarmos a falha N60° -75°W, comentada na seção orientada N-S, percebe-se que se trata da mesma zona de falha. Esta zona de falha N60°-75°W provoca uma inversão de blocos, com rejeito vertical total da ordem de 90 m. Este rejeito é ocasionado pela presença de uma intrusão de diabásio, com aproximadamente 90 m de espessura.

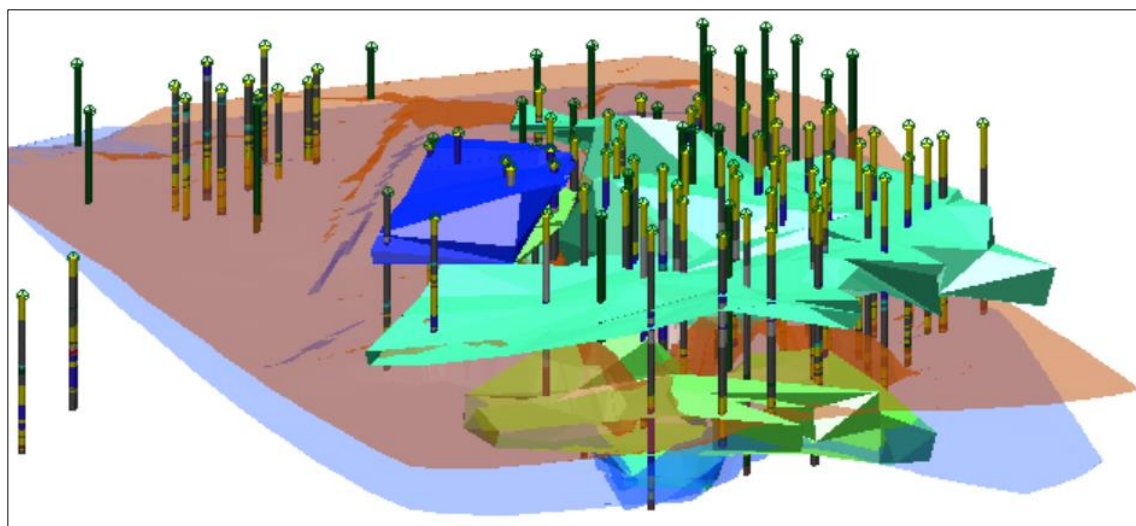
Na área estudada, este sistema N60° -75°W está bem impresso nas proximidades da área urbana de Maracajá, na localidade conhecida como Vila Beatriz, secciona a BR-101 e também na localidade do Espigão Grande. Além da falha principal, ocorrem outras secundárias, as quais possuem pequena expressão em área e também apresentam bloco abatido posicionado para SW. Assim, o rejeito vertical de 90 m deve corresponder à soma do rejeito da falha principal mais os rejeitos das falhas secundárias.

O estudo geofísico realizado através de levantamento magnetométrico (AFC GEOFÍSICA,

2014) demonstrou que existem três direções preferenciais de falhas preenchidas por diabásio: NE-SW, NW-SE e N-S, respectivamente. O referido estudo indicou a presença de corpos de diabásio em todas as áreas pesquisadas até uma profundidade de 200 m, sendo que em profundidades compreendidas entre 300 a 400 m elas ocorrem somente nas porções NW e SE.

A interpretação dos perfis litológicos dos furos de sonda bem como das seções geológicas, indicam que nesta porção costeira ocorrem três soleiras de diabásio, posicionadas em diferentes intervalos estratigráficos. A mais superficial está intrudida no intervalo estratigráfico correspondente à Formação Irati em uma profundidade compreendida entre 137,00 m e 184,95 m. A segunda soleira ocorre no intervalo estratigráfico correspondente à camada de carvão Barro Branco e foi identificada na profundidade de 307,50 m a 352,00 m. A mais profunda ocorre no intervalo estratigráfico da Camada Bonito. A Figura 4 ilustra um bloco diagrama, com a representação das três soleiras comentadas.

Figura 4 - Bloco diagrama mostrando as três soleiras de diabásio que ocorrem na faixa costeira.



No local onde se realizou a sondagem MML-53, ocorrem duas intrusões, uma mais superior, no intervalo estratigráfico da formação Irati, com espessura de 47,95 m, e outra mais profunda, com 44,50 m, intrudida na Formação Rio Bonito, consumindo a camada de carvão Barro Branco.

Nas sondagens MML 12 e MML 32, ambas localizadas junto à falha N60° -75°W, constatou-se que ocorrem intrusões posicionadas em diferentes intervalos estratigráficos. No caso do furo MML 32 observa-se que ocorre uma soleira com espessura de aproximadamente 100 m na profundidade de 275,77 m a 377,89 m. Esta intrusão consumiu a camada de carvão Bonito. Do ponto de vista

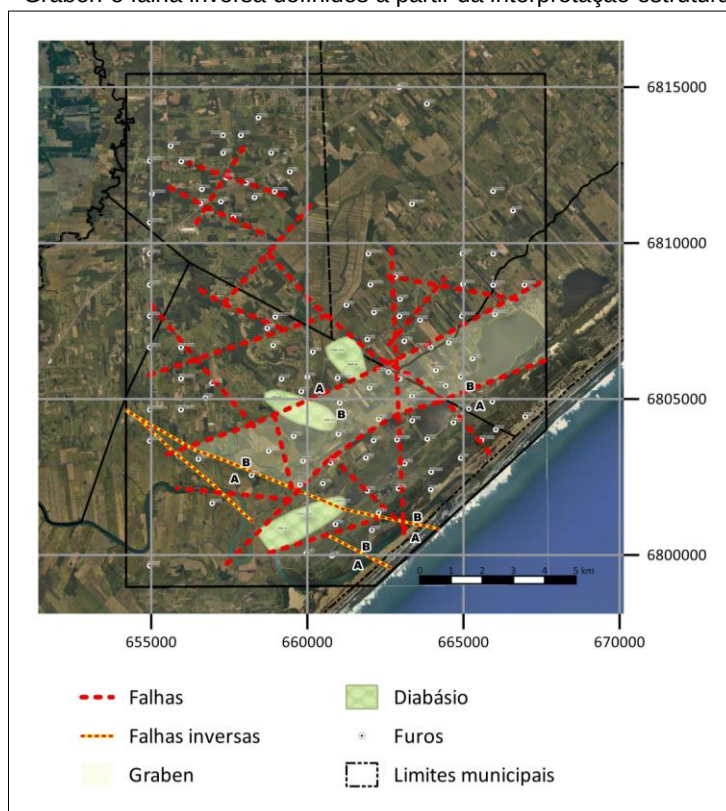
genético pode-se admitir que o conduto destas soleiras é o plano da falha N75°W.

Uma característica importante desta falha é que no intervalo estratigráfico da camada Barro Branco, comporta-se como falha inversa, com rejeito vertical da ordem de 90 m, e no intervalo estratigráfico correspondente à camada Bonito esta mesma falha comporta-se como falha normal com rejeito vertical da ordem de somente 5m. Este fato demonstra que a soleira de diabásio com espessura de 98 m “empurrou” o maciço rochoso para cima, fazendo com que esta falha no intervalo estratigráfico da camada Barro Branco se comporte como falha inversa. Fato semelhante já havia sido percebido na antiga Mina Esperança em Treviso, onde, por ocasião do desenvolvimento de lavra da camada Barro Branco, foi encontrada uma falha inversa N60°W com rejeito vertical de 20 m. Esta mesma falha foi atravessada posteriormente, no desenvolvimento da lavra da camada Bonito Inferior, em um setor da atual Mina Fontanella, onde se verificou que ela atua como falha normal. A leitura dos perfis litológicos dos furos de sonda executados neste setor indicou que entre a camada de carvão Barro Branco e a camada Bonito Inferior ocorre uma soleira de diabásio com espessura de 20 m.

O mapa de contorno estrutural da lapa da camada Barro Branco e o mapa de contorno estrutural da Camada Bonito Inferior demonstram que nesta porção costeira as camadas de carvão possuem controle tectônico e constituem uma estrutura tipo *graben*, delimitada a norte por uma falha regional N60°E, com bloco afundado posicionado para SE. Considerando-se o valor da cota da lapa da camada de carvão Barro Branco no furo MML 49 (-194,32 m) e do IAR 18 SC 02 (-188,85 m), ambos situados no bloco alto (NW), com o furo MML 38 (-373,73 m) e MML 33 (-354,71 m), situados no bloco baixo, pode-se estimar um rejeito vertical em torno de 100 m para esta falha.

Na porção sul este *graben* é limitado por outra falha N45°E, que passa nas proximidades dos furos MML-58, MML-36 e MML-15. Esta falha, ao contrário da anterior, possui bloco afundado posicionado para NW. Considerando o valor da cota da lapa da camada Barro Branco no furo MML-12 (-244,62 m) posicionado no bloco alto e o valor da cota da lapa da mesma camada no furo MML-58 (348,91 m) situado no bloco baixo, pode-se estimar um rejeito vertical da ordem de quase 100 m para esta falha. Próximo ao seu limite sul este *graben* é secionado pela falha inversa N60° -75°W (Figura 5).

Figura 5 - *Graben* e falha inversa definidos a partir da interpretação estrutural da área.



A leitura do mapa de isocobertura, bem como mapas de isópacas das camadas de carvão Barro Branco e Bonito Inferior mostra que as maiores coberturas ocorrem na porção central da área estudada, nas proximidades dos furos MML 54 e MML 58. A interpretação dos mapas citados permite verificar que tanto as maiores espessuras das camadas de carvão (Barro Branco e Bonito Inferior) quanto as maiores coberturas estão relacionadas a esta estrutura tipo *graben*, que ocupa a maior porção do setor centro-leste da porção costeira estudada.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta faixa costeira correspondente à bacia carbonífera, ocorrem três soleiras de diabásio, posicionadas em diferentes intervalos estratigráficos. A mais superficial está intrudida no intervalo estratigráfico correspondente à Formação Irati. A segunda ocorre no intervalo estratigráfico correspondente ao maciço de cobertura da camada de carvão Barro Branco e a mais profunda ocorre no intervalo estratigráfico correspondente ao maciço de cobertura da Camada Bonito. A soleira mais superior, por se posicionar estratigraficamente acima das camadas de carvão, praticamente não afeta as referidas camadas. Porém, a soleira intermediária e a inferior, dependendo da posição no intervalo estratigráfico em que estão emplaçadas, pode queimar, parcialmente, e, em casos extremos, consumir totalmente as referidas camadas de carvão.

A elaboração de seções geológicas e mapas de contorno estrutural, subsidiados pelo estudo geofísico permitiram a identificação das principais falhas e soleiras presentes nesta área. A leitura do perfil litológico do furo MML 11 executado ao longo da zona da falha N60°-75°W mostrou que houve uma repetição de litologias pertencentes à Formação Irati devido à intrusão de uma soleira de diabásio existente no intervalo estratigráfico situado entre a camada de carvão Barro Branco e a camada Bonito Inferior. A repetição de camadas e a presença de intrusão de diabásio permitiram observar que a referida falha atua como falha inversa no intervalo estratigráfico da camada Barro Branco e como falha normal no intervalo estratigráfico da camada Bonito Inferior.

Pelo fato de encaixarem diques de diabásio, pode-se admitir que tais falhas comportem-se como falhas distensionais (falhas abertas). Cabe ressaltar, no entanto que, de acordo com Krebs (2004), considerando-se aspectos da neotectônica e admitindo-se que atualmente o Bloco Sul-Americano está se deslocando no sentido horário, estas falhas orientadas segundo NW-SE (falhas noroeste) apresentam comportamento compressional, ou seja, comportam-se como falhas inversas.

Com relação aos aspectos de mineração, a presença de falhas inversas geralmente potencializam problemas relacionados a soerguimento de lapa e ou caimentos de tetos. Estudos de detalhes (mapeamento de teto e paredes de galerias), realizados nas minas Esperança e Mina 101, têm demonstrado que junto ou nas proximidades de falhas inversas geralmente ocorrem diques ou apófises de rochas ígneas ácidas ou intermediárias que, algumas vezes, atingem a camada de carvão Barro Branco e destroem o forro ou o banco da referida camada. A presença de apófises pode indicar a existência de uma intrusão de maiores dimensões nas proximidades.

5 REFERÊNCIAS

- ABORRAGE, A. M.; LOPES, R.C. **Projeto A Borda Leste da Bacia do Paraná: integração geológica e avaliação econômica**. Porto Alegre: DNPM/CPRM, 1986. v. 18. 81p.
- AFC – GEOFÍSICA. 2014. **Levantamento geofísico para pesquisa de carvão mineral em Araranguá, SC**. Magnetometria e Imageamento elétrico bidimensional. 40p il. Mapas. Maracajá Mineração Ltda. (documento interno).
- DIAS NETO, C. M. **Contribuição à análise sismotectônica da região sudeste do Brasil**. São Paulo: USP-IG, 1986. 121 p. (dissertação de Mestrado)
- FONTANA, R. L. Análise Geotectônica e Sismoestratigráfica da Bacia de Pelotas até a Plataforma de Florianópolis. **Anais. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA**, 38. Balneário de Camboriú: Boletim de Resumos Expandidos, 1994. 583 p.
- FÚLFARO; SUGUIO, K. O. Vertical movements in continental southern Brazil During The Cenozoic. **Earth Rheology, Isostasy, And Eustasy: Nils-Axel Morner**, 1980. p. 419-425.
- GONÇALVES, A.; OLIVEIRA, M. A. M.; MOTTA, S. O. A Geologia da Bacia de Pelotas e da Plataforma de Florianópolis. **Boletim Técnico da PETROBRAS**, v. 22, n. 3, p. 157-174, 1979.

HORN, N. 2013. **Geologia e faciologia dos depósitos quaternários da província costeira**. XV. Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. COLACMAR. Punta del Leste. Uruguai. 32p.

KREBS, A.S.J.; GRAZIA, C.A.; FABRÍCIO, A.J.C.; AMARAL, J.E.; CASÉ, M.G.; BRANCO, P.M.; OLIVEIRA, R.L.; SILVA, R.S. **Programa Carvão Energético Estado de Santa Catarina**: Relatório Final. Porto Alegre, DNPM/CPRM, 1982.

KREBS, A. S. J. **Projeto Arroio do Silva: Nota Explicativa**. Porto Alegre: CPRM, 1984. 31 p.

KREBS, A. S. J.; SILVA, M. A. S.; DIAS, A. A.; LOPES, R. C.; CAMOZZATO, E. **O grupo Itajaí na Folha de Botuverá, SC: modelo geométrico/cinemático e relações com o cinturão Metavulcano-sedimentar Brusque-instalação, preenchimento e inversão da bacia**. **Anais. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA**, 36. Natal: SBG, 1990. v. 6. p. 2966-2975.

KREBS, A.S.J. **Contribuição ao Conhecimento dos Recursos Hídricos Subterrâneos da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá, SC**. 2004. 376 p. (Tese de Doutorado) – Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

QUINTAS, M. C. L.; MANTOVANI, M. S. M.; ZALÁN, P. V. Uma Contribuição Para o Estudo da Evolução Mecânica da Bacia do Paraná. **Revista Brasileira De Geociências**, v. 29, n. 3, p. 217-226, 1999.

TRAININI, D. R.; DIAS, A. A.; KREBS, A. S. J.; SOUZA, E. C.; CAPELETTI, I.; TONIOLO, J. A.; SILVA, L. C.; SILVA, M. A. S. **Projeto Vidal Ramos** – Biguaçu. Porto Alegre: DNPM/CPRM, 1978. 303 p.

ZALÁN, P. V. Tectônica e Sedimentação Da Bacia Do Paraná. **Anais. SIMPÓSIO SULBRASILEIRO DE GEOLOGIA**, 3. Curitiba: SBG, 1987. v. 1. p. 441-477.

ZALÁN, P.V.; WOLFF, S.; ASTOLFI, M. A. M.; VIEIRA, I. S.; CONCEIÇÃO, J. C. J.; APPI, V. T.; NETO, E. V. S.; CERQUEIRA, J. R.; MARQUES, A. The Paraná Basin, Brazil. in: LEIGHTON, M. W.; KOLATA, D. R.; OLTZ, D. F. Interior Cratonic Basins. American Association Of Petroleum Geologists, **Memoir**, v. 51, P. 681-708, 1990a.

ZALÁN, P. V.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J. C. J.; MARQUES, A.; ASTOLFI, M. A. M.; VIEIRA, I. S.; APPI, C. T.; ZANOTTO, O. A. Bacia do Paraná. in: GABAGLIA, G. P. R.; MILANI, E. J. **Origem e Evolução de Bacias Sedimentares**. Rio de Janeiro: Petrobrás, 1990b. p.135-168.