

## Utilização do espectro de reflectância nos carvões sulbrasilieiros

Pacheco, E.T.<sup>1</sup>; Sampaio, C.H.<sup>1</sup>; Eterradosi, O.<sup>2</sup>

<sup>(1)</sup> Laboratório de Processamento Mineral – Centro de Tecnologia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Av. Bento Gonçalves, 9500 – Caixa Postal 15021 – 91501-970-Porto Alegre-RS.

[epacheco@ct.ufrgs.br](mailto:epacheco@ct.ufrgs.br); [Sampaio@ufrgs.br](mailto:Sampaio@ufrgs.br)

<sup>(2)</sup> Centre de Recherches sur les Poudres Minérales Colorées - Centre des Matériaux de Grande Diffusion.- Ecole des Mines d'Alès - Hélioparc (bât. I) 2, avenue P. Angot - F. 64 000 – Pau- França.

[Olivier.Eterradosi@ema.fr](mailto:Olivier.Eterradosi@ema.fr)

O objetivo deste artigo é diferenciar as bacias formadoras dos carvões através do espectro de reflectância. Este, sendo um dos parâmetros qualitativos possui particularidades físicas e matemáticas. E, para correlacionarmos este parâmetro com as operações mineiras como um todo, faz-se necessário substituir a reflectância por uma abordagem espectral, derivada das metodologias utilizadas na indústria de pigmentos e tintas.

Atualmente, os modelos físicos derivados das indústrias de tintas e de pigmentos não são satisfatórios para determinados bens minerais, sendo necessário o desenvolvimento de conceitos e procedimentos para medir e estudar a reflectância destes bens minerais com suas impurezas ou suas simples misturas.

O carvão mineral, onde elementos com diferentes espectros de reflectância são tratados, possibilita o uso das cores como um importante parâmetro para caracterizar os diferentes produtos. Isto pode ser possível com o uso do espectro de reflectância para prever o conteúdo mineral em carvões, para estimar a qualidade e na obtenção de indicadores para diferenciar as bacias formadoras deste bem mineral.

A metodologia empregada para atingir este objetivo foi: cominuição e peneiramento dos carvões entre as faixas 80 e 40 µm, confecção de pastilhas e das seções polidas, utilização do espectrofotômetro (radiômetro) do tipo Spectroscan PR 650 para obtenção dos espectros, de um microscópio ótico de luz refletida e da teoria de Kubelka-Munk.

**Palavras-chave:** carvão – reflectância – cor – bacias

**Área Temática:** Tratamento de minérios

## INTRODUÇÃO

As jazidas carboníferas do do Rio Grande do Sul ocorrem, litostratigraficamente, na Formação Rio Bonito, Grupo Guamá, Supergrupo Tubarão (Schneider *et al.* 1974). Com base nos estudos de petrografia do carvão e da estratigrafia de seqüências Alves & Ade (1996), consideram que os carvões da jazida de Candiota foram depositados em um sistema laguna-barreira. A análise paleoambiental deposicional dos carvões das jazidas do Leão, Pântano Grande, Iruí, Capané e São Sepé, permite a identificação de um sistema flúvio-deltaico, associado a um sistema de barreira litorânea (Lopes, 1990).

A faixa de sedimentos gonduânicos na qual a jazida de carvão de Santa Catarina está situada na grande depressão periférica da margem oriental da Bacia do Paraná e é formada, de um lado, pelo Eseudo Cristalino (a leste) e, de outro, pelo Planalto Basáltico da Serra Geral. A camada Barro Branco é a mais importante economicamente, a mais estudada e a mais uniformemente distribuída, constituindo numa referência estratigráfica. Estruturalmente comporta-se como uma monoclinal com suave mergulho regional de 1° para WSW e, também, apresenta intensamente cortada por falhas, com mergulhos de até 15°. Na porção norte da bacia esta camada ocorre em cotas de até 400 m acima do nível do mar, enquanto ao sul em cotas de até 350 m. De uma modo geral são carvões com baixos teores de cinza.

Em essência este tipo de carvão pode ser designado como carvão opaco listrado apresentando megásporos e micrôsporos em grande quantidade e com mais freqüência que as outras camadas de carvão, indicando que provavelmente originou-se mais distante da margem da bacia que as demais. Em resumo, tratam-se de carvões com alto teor em voláteis e um baixo teor de Vitrinita e Liptinita (Exinita), o que não lhes proporcionam elevadas propriedades coqueificantes.

A camada Bonito comporta-se como uma monoclinal com direção N70°W, mergulhando em 1° para SW. A avaliação desses carvões com base nas análises físicas e químicas tem alto teor de cinza, baixo rendimento metalúrgico, teor de enxofre variável e alto teor em matéria volátil, conforme Bortoluzzi *et al.* (1978), embora sua relação carvão metalúrgico/carvão vapor é de apenas 3,0. Esta camada é muito rica em minerais, especialmente pirita presente, não apenas como nódulos, mas também sob a forma de glóbulos na Trimacerita, indicando um ambiente fortemente redutor na época de sua deposição. Esta camada se formou numa bacia subaquática com tendência para fácies sapropélica, devido a presença de algas que são organismos que vivem em águas abertas.

Atualmente, os modelos físicos derivados das indústrias de tintas e de pigmentos não são satisfatórios para determinados bens minerais, sendo necessário o desenvolvimento de conceitos e procedimentos para medir e estudar a reflectância destes bens minerais com suas impurezas ou suas simples misturas.

O carvão mineral, onde elementos com diferentes espectros de reflectância são tratados, possibilita o uso das cores como um importante parâmetro para caracterizar os diferentes produtos. Isto pode ser possível com o uso do espectro de reflectância para predizer o conteúdo mineral em carvões, para estimar a qualidade e na obtenção de indicadores para diferenciar as bacias formadoras deste bem mineral. O modelo matemático que possibilitou a diferenciação das bacias formadoras dos carvões sulbrasilieiros foi o modelo Kubelka-Munk, ou modelo de dois fluxos, conforme Kubelka (1948). Sendo necessários seguintes parâmetros: (1) a superfície medida se comporta como um "difusor perfeito", não havendo brilho; (2) as partículas que compõem a camada são distribuídas aleatoriamente e são pequenas em relação à espessura da camada; (3) a superfície é iluminada por feixes em padrão difuso (raios de luz se

chocando com a superfície em todos os ângulos de incidência);(4) não há alteração de ordem física ou química dos pigmentos que compõem a camada, depois de postos em contato. A teoria K-M mostra que a energia refletida pela superfície medida, na região do visível (de 360 a 780 nm) e, por conseguinte, sua cor será explicada pela relação que segue:

$$F(R_{\infty}) = \frac{K}{S} = \frac{(1 - R_{\infty})^2}{2R_{\infty}}$$

onde,

$R_{\infty}$  = é a reflectância do meio;

$K$  = é o coeficiente de absorção;

$S$  = é o coeficiente de difusão.

## OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo o uso do espectro de reflectância para distinguir as bacias formadoras dos carvões sulbrasilceiros, possibilitando a obtenção de um resultado rápido e de fácil manuseio.

## METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO

Serão utilizados neste projeto os seguintes carvões (ROM), referentes as Bacias Carboníferas do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, provenientes das Minas de Candiota-RS camadas Inferior e Superior, de Recreio-RS (camada Riozell S12) e da Esperança-SC (camadas Barro Branco e Bonito), pertencentes as Companhias Riograndense de Mineração, a Copelmi Mineração S/A e da Companhia Carbonífera Metropolitana, respectivamente. Cada uma destas camadas corresponde a seguinte simbologia :

- Candiota Camada Inferior = CRMI ;
- Candiota Camada Superior = CRMS ;
- Copelmi Camada Riozell S12 = COPELMI ;
- Metropolitana Camada Barro Branco = CBB ;
- Metropolitana Camada Bonito = CBO ;

A metodologia empregada neste estudo compreende nas seguintes etapas:

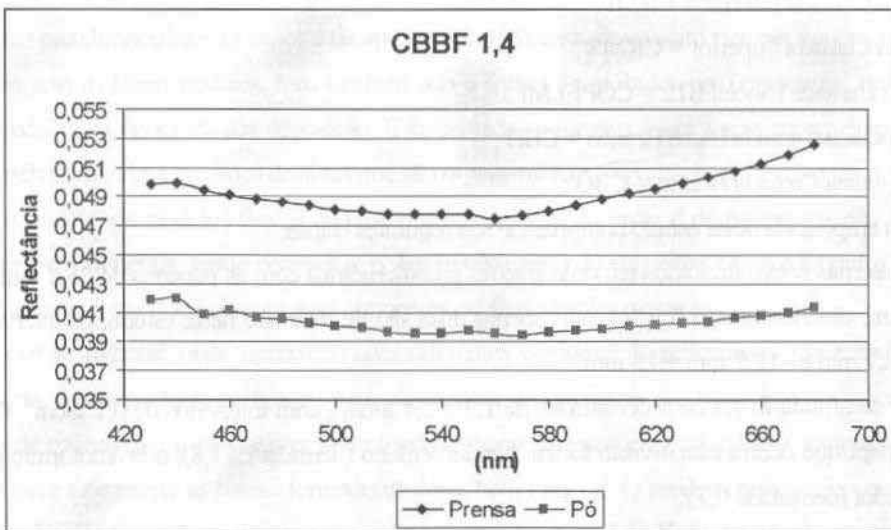
- Estes materiais foram divididos em duas frações granulométrica com as peneiras de 25,4 mm; 12,7 mm e 0,5 mm, obtendo quatro frações, mas apenas duas são de interesse neste estudo, os intervalos -25,4 mm +12,7 mm e -12,7 mm +0,5 mm.
- Ensaios de afunda-flutua com densidades de 1,3 a 2,4 g/cm<sup>3</sup>, com intervalos de 0,1 g/cm<sup>3</sup>. Os líquidos usados para que ocorra esta divisão foram: percloroetileno (densidades 1,8), o bromofórmio (densidade 2,8) e xilol (densidade 0,7);
- As amostras foram cominuídas em um moinho planetário de bolas de aço da marca Ball-Mill Retsch S1000, classificadas entre as peneiras de 80 e 40 µm e analisadas pelo granulômetro a laser do tipo Coulter LS 100.

- Estes intervalos, obtidos após o peneiramento, foram comprimidos de duas maneiras : primeiro, manualmente em um anel de PVC de 40 mm de diâmetro ; a outra maneira, utilizando uma prensa hidráulica da marca Sodemi, onde foram comprimidos a 2,5 toneladas.
- Utilização do espectrômetro, do tipo Spectrascan PR650, para a obtenção dos espectros, sendo que as amostras foram colocadas a uma distância de 50 cm do aparelho, onde foi realizada uma medida com 10 ciclos em cada amostra. A faixa escolhida foi de 430 a 680 nm do espectro de reflectância, devido estar dentro da luz visível que compreende o intervalo de 380 a 780 nm.
- Estes resultados serão inseridos no modelo matemático de Kubelca-Munk devido a sua capacidade de comparar os procedimentos colorimétricos das amostras com a mesma faixa granulométrica.

Antes de ocorrer às medições pelo espectrômetro, foi definido a granulometria entre 80 a 40  $\mu\text{m}$ , devido à homogeneidade de grãos e, também, pela variedade de composição existente no carvão. O material foi cominuído num moinho planetário de esferas de aço inox e, posteriormente, foi peneirado a úmido. Através do granulômetro a laser há possibilidade de fornecer a eficiência do peneiramento, como também o tamanho médio, o D50 da faixa granulométrica de interesse. Os trabalhos concentraram-se nas medições no espectrômetro PR 650 e nos dois tipos de pastilhas, a pastilha manualmente e através da prensa hidráulica.

## RESULTADOS

Os espectros obtidos através das pastilhas prensadas manualmente e a 2.5 toneladas apresentaram diferenças de reflectividade e um certo paralelismo entre elas, como mostra a Fig. 01. Podendo-se dizer que a reflectividade da amostra prensada manualmente (denominada de pó) é menor devido aos espaços vazios entre os grãos de minerais componentes do carvão. Enquanto que na outra a reflectividade é maior e, devido a maior compactação das pastilhas, resultando em pouco ou nenhum espaço vazios entre os componentes desse material.



**Fig. 01:** Correlação entre as curvas espectrais prensadas manualmente (pó) e por hidráulica (prensa) no intervalo granulométrico (-25.4 +12.7 mm).

Nota-se que há duas leves inclinações, uma entre as faixas de 430 a 530 nm e a outra de 540 a 680 nm. Com base nestes dados, calculou-se o coeficiente de inclinação de todos os espectros nestas duas faixas, conforme figuras 02 e 03.

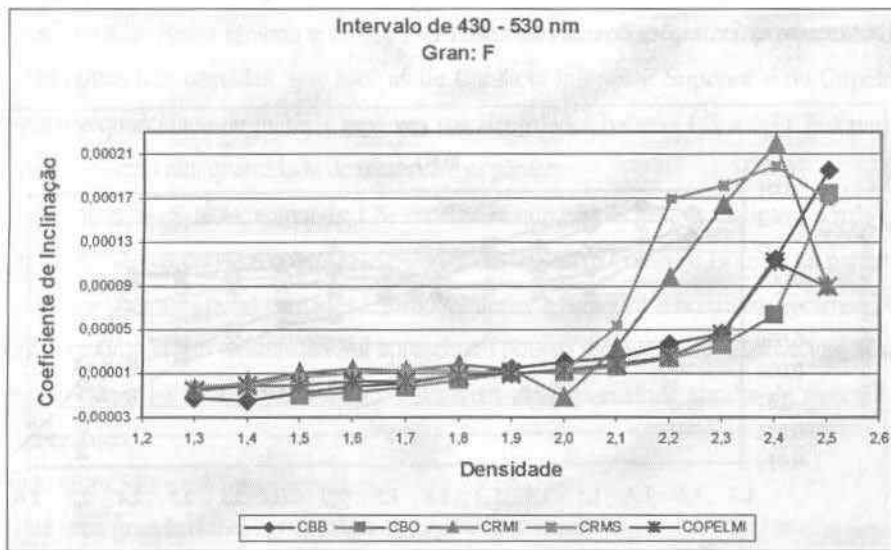


Fig. 02: Nota-se uma possível diferenciação dos depósitos de carvões a partir da densidade 2,0.

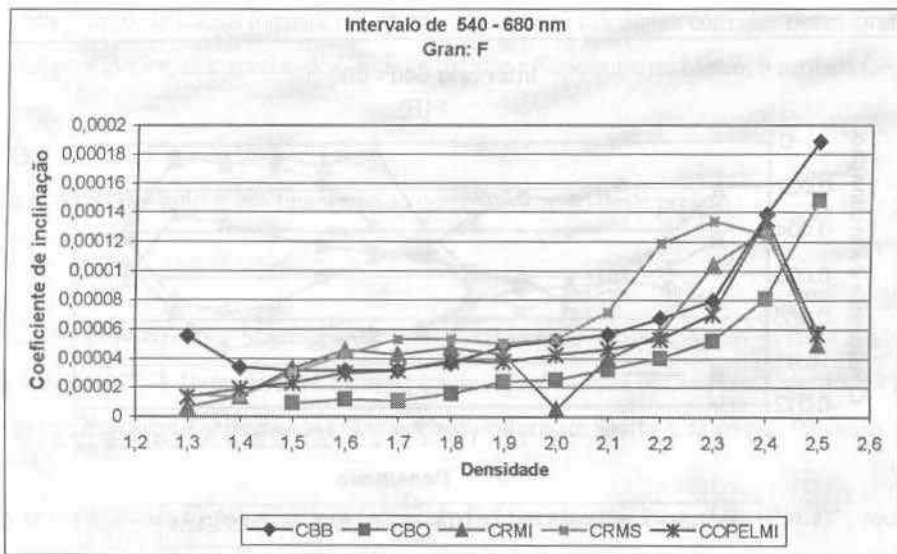


Fig. 03: Verifica-se uma distinção entre os diferentes tipos de carvão.

As figuras 02 e 03 não foram elucidativas para diferenciar as bacias, em vista disso, foi utilizado o modelo matemático de Kubelka-Munk e tendo como expressão simplificada a função de reflectância  $F(R)$ .

$$F(R_{\infty}) = \frac{K}{S} = \frac{(1 - R_{\infty})^2}{2R_{\infty}}$$

onde, "K" é o coeficiente de absorção, "S" é o coeficiente de espalhamento do meio e "R<sub>∞</sub>" é a reflectância do meio.

Através deste modelo pode-se notar, conforme as figuras 04 e 05, que há um comportamento diferenciado das bacias, onde ocorreram as formações dos carvões estudadas.

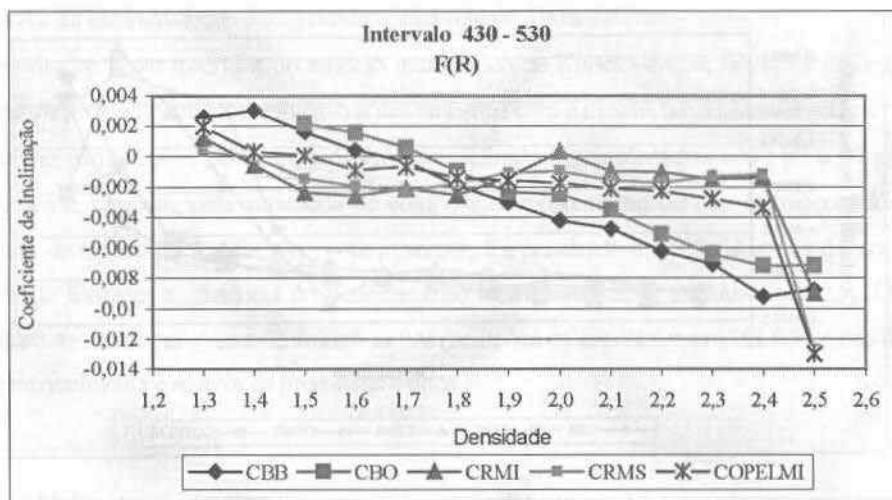


Fig. 04: Verifica-se que há três grupos distintos a partir da densidade 1,9.

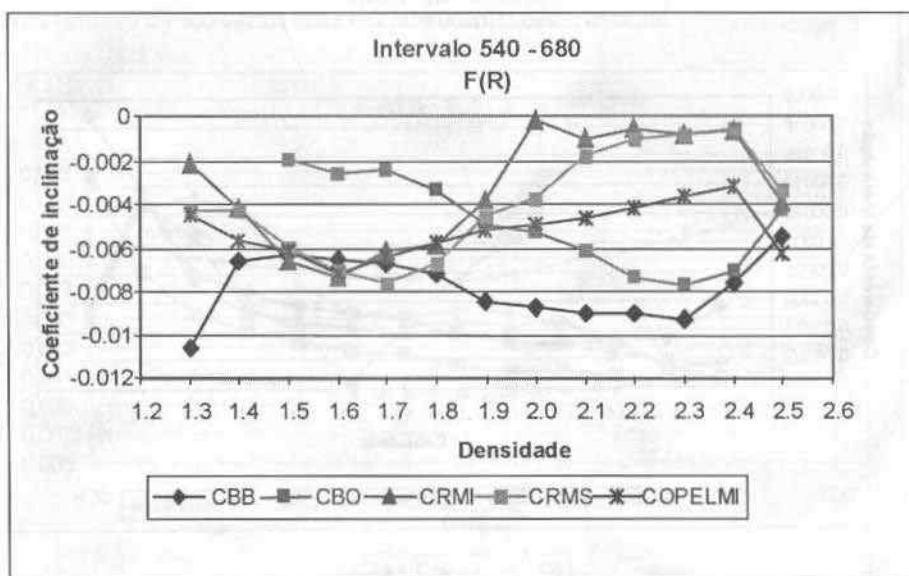


Fig. 05: A partir da densidade 1,9 distinguem-se três diferentes bacias formadoras dos carvões estudados.

## CONCLUSÕES

A utilização do modelo matemático de Kubelka-Munk possibilitou a diferenciação das bacias formadoras dos carvões estudados, como se pode verificar abaixo:

1. No intervalo entre 430 a 530 nm, nota-se que:
  - a. As camadas Barro Branco e Bonito, de Santa Catarina, têm um comportamento diferenciado das outras três camadas, que são: as de Candiota Inferior e Superior e da Copelmi, onde há grande quantidade de matéria orgânica nas densidades baixas (1,3 a 1,7). É a partir da densidade 1,9 uma alta quantidade de material inorgânico;
  - b. Nas densidades altas, acima de 1,8, verifica-se que há três grupos distintos, sendo que na parte inferior, são os carvões compostos pelas camadas Barro branco e Bonito; na parte superior, os carvões formados pelas camadas Candiota Inferior e Superior e no centro, a camada Copelmi;
  - c. Os carvões do Rio Grande do Sul apresentam poucas variações em suas curvas, sendo que elas estão quase na horizontal, onde elas sugerem uma quantidade similar de material orgânico e inorgânico.
2. No intervalo entre 540 a 680 nm, nota-se que:
  - a. Há uma grande diferença entre os carvões Barro Branco e Bonito, isto deve-se as suas composições macerálica e mineralógica;
  - b. As curvas dos carvões do Rio Grande do Sul entre as densidades de 1,3 a 1,8 não apresentam diferenças;
  - c. As curvas a partir da densidade 1,9 apresentam grandes diferenças, onde é possível destacar os três grupos de bacias formadores de carvão; na parte inferior as camadas Barro Branco e Bonito; na superior, as camadas de Candiota Inferior e Superior e no centro, a camada Copelmi.

## AGRADECIMENTOS

A CAPES e ao LAPROM pelo apoio financeiro ao desenvolvimento deste projeto.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, R.G. & ADÉ, M.V.B : **Sequence Stratigraphy and Coal Petrography Applied to the Candiota Coal-field, Rio Grande do Sul, Brazil : A Depositional Model** ; International Journal of Coal Geology, 30, 1996.
- BORTULUZZI, C.A *et al* : **Pesquisa Geológica na Bacia Carbonífera de Santa Catarina** ; Pesquisa, Porto Alegre, 11 :33-192, Dez/1978.
- KUBELKA, P : **'New contributions to the optics of intensely light-scattering materials (Pat I)'** ; Journal of the Optical Society of America, vol. 38, N 5 : 448 – 457, 1948.
- LÓPEZ, R.C : **Estudo Paleoambiental da Formação Rio Bonito na Jazida do Leão ; Uma análise inicial**, Acta Geológica Leopoldensia, 13(31), 91 – 112, 1990.
- SCHNEIDER, R.L. *et al* : **Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná**, In : Congresso Brasileiro, 28, Porto Alegre, Anais I, 41 – 66 , 1974.