

FACIES ORGÂNICA, MATURAÇÃO E AMBIENTE DEPOSICIONAL DO CARVÃO COLETADO NA SONDAAGEM 2-AO-01-RS, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

Corrêa da Silva, Z.C.*, Araujo, C.V.***, Cazzulo-Klepzig, M.*** and
Marques-Toigo, M.*

* Curso de Pós-Graduação em Geociências, UFRGS, Pesquisadoras do CNPq

** Petrobrás - Cenpes/Divex/Segeq, Cidade Universitária Quadra 7,
Ilha do Fundão, 21949-900 Rio de Janeiro RJ Brasil

*** Instituto de Geociências, UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9500
91501-970 Porto Alegre RS Brasil

ABSTRACT – Coal samples collected from borehole 2-AO-1-RS drilled in the northern region of the State of Rio Grande do Sul, South Brazil, were studied by coal petrographical, organic geochemical and palynological methods. The investigations were aimed at the recognition of compositional changes as well as depositional environment assesment. The integration of petrographical, geochemical and palynological data of coal samples suggests different conditions of coal deposition in relation both to the water level variations and vegetation type in the precursor mires. Coal formation is documented by the peat-forming communities, lithotypes, maceral and mineral variation which indicate episodic drying and flooding events during peat accumulation. Limnic conditions for the initial phase of coal formation are indicated by the predominance of pteridophytic spores and algae-related forms, that suggest a Hydrophyllous-hygrophyllous depositional environment. Toward the top of the seam the conditions of coal formation changed to a limno-telmatic environment evidenced both by the presence of high amounts of inertinite and oxidized vitrinite and the increase of gymnospermic pollens. This drastic change in the process of coal formation is associated with the increase in random reflectance values.

RESUMO - Análises de petrografia orgânica, geoquímica orgânica e palinologia foram realizadas nas amostras de carvão coletadas nos testemunhos da sondagem 2-AO-1-RS, realizada na região norte do Estado do Rio Grande do Sul, Sul do Brasil, visando à caracterização da matéria orgânica ao longo do perfil vertical da camada, bem como à determinação dos ambientes deposicionais que prevaleceram durante a sua formação. A integração dos dados petrográficos, geoquímicos e palinológicos sugeriu a existência de diferentes condições de deposição de carvão, relacionadas tanto às variações do nível d'água como ao tipo de vegetação predominante na turfeira. O processo de formação de carvão foi caracterizado através das comunidades paleoflorísticas, dos litotipos, das variações dos macerais e minerais que indicaram episódios de seca e inundação durante a acumulação da turfa. A predominância de esporos de Pteridófitas bem como a presença de algas indicam condições límnicas de deposição para a fase inicial de formação de turfa, em um ambiente hidrófilo-higrófilo. No topo da camada de carvão as condições ambientais variaram para um ambiente limno-telmático, evidenciado pela predominância de inertinita e vitrinita oxidada e pela maior presença de pólenes de Gimnosperma. Essas mudanças no processo de formação de carvão, identificadas pelas análises realizadas, estão também associadas ao aumento dos valores do poder refletor médio das vitrinitas.

INTRODUÇÃO

As amostras estudadas neste trabalho são provenientes do poço 2-AO-01-RS localizado no município de Nova Bassano, no Estado do Rio Grande do Sul (Figura 1), tendo atravessado toda a seqüência de rochas gonduânicas da Bacia do Paraná, atingindo a profundidade de 2.251 m.

De acordo com o perfil composto da sondagem o contato das formações Palermo e Rio Bonito, do Grupo Guatá (Schneider *et al.*, 1974) foi encontrado a 2.093 m de profundidade; logo abaixo do contato, aos 2.095,5m, tem início uma seqüência de folhelhos carbonosos e leitos de carvão fosco e listrado com cerca de 1,55 m de espessura, sotoposta por arenitos muito finos de cor cinza médio.

A camada de carvão foi amostrada em sua espessura total e dividida em 10 intervalos, de 1 a 10 da base para o topo, (Perfil A, Figura 2), tendo sido desprezados os folhelhos da base da camada. Foram realizadas análises petrográficas (descrição de litotipos, contagem de macerais e minerais ao microscópio, medidas do poder refletor das telocolinitas, observação em luz branca normal e ultravioleta), análises geoquímicas (carbono orgânico, cromatografia líquida e gasosa, espectrometria de massas e isótopos estáveis de carbono) e análises palinológicas das amostras representativas dos intervalos, para a identificação dos processos de formação de carvão, diagênese e maturação da matéria orgânica bem como o conhecimento da composição petrográfica e geoquímica do carvão.

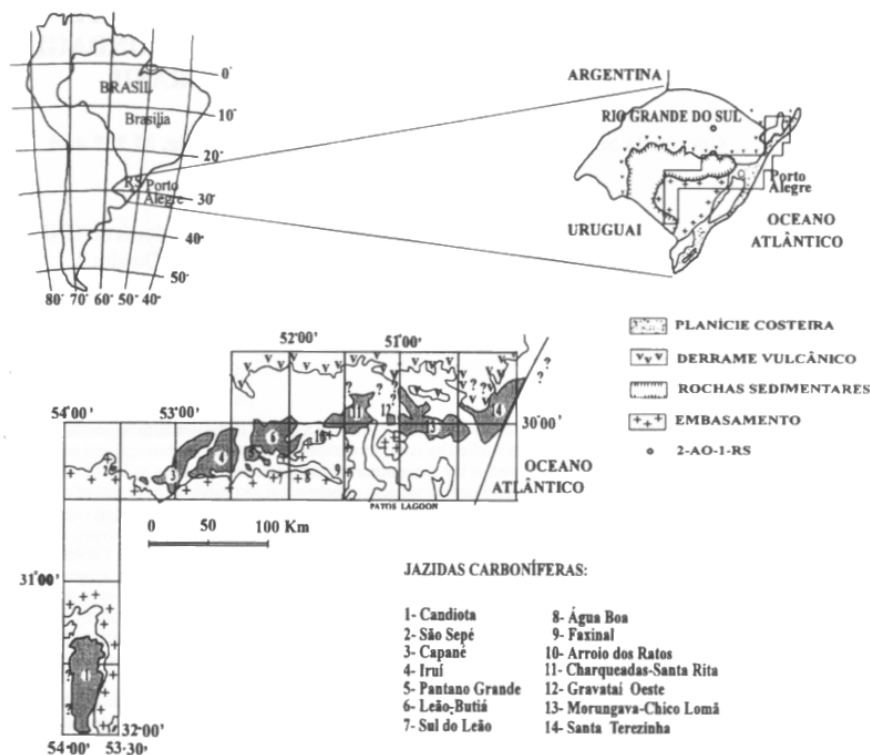


Fig.1 - Jazidas carboníferas do Rio Grande do Sul e localização da sondagem 2-AO-1-RS

Esta metodologia tem sido empregada no estudo de alguns carvões sul-brasileiros (eg. Marques-Toigo & Corrêa da Silva, 1984; Araújo, Cazzulo-Klepzig & Alves, 1985; Araujo, 1990) e a integração dos dados obtidos tem apresentado resultados muito significativos. Os dados apresentados neste trabalho, embora referentes a uma ocorrência de carvão a mais de 2.000 m de profundidade, não mostraram diferenças em relação aos resultados anteriormente obtidos para carvões coletados em superfície ou a pequenas profundidades.

PETROGRAFIA DA CAMADA DE CARVÃO

A análise mesoscópica mostrou um carvão fosco predominante, com intervalos de carvão listrado e folhelhos carbonosos, com nódulos de pirita e presença de sulfatos (Perfil A, Figura 2).

Para a contagem de macerais e minerais ao microscópio, foram selecionadas as amostras 1, 3, 5 e 8, por apresentarem expressivas diferenças composicionais observadas em luz branca e ultravioleta.

O carvão apresenta variação vertical na sua composição, em termos de macerais, o que reflete instabilidade no nível d'água da turfeira e conseqüente variação no tipo predominante de matéria orgânica vegetal, em especial no topo da camada; no entanto, há uma constante predominância de inertinita em todas as amostras estudadas (Tabela 1, Estampa I), à semelhança de algumas camadas de carvão do Rio Grande do Sul (Corrêa da Silva, 1987) e ao contrário dos carvões de Santa Catarina que, em geral, apresentam predomínio de vitrinita (Corrêa da Silva, 1981).

Os teores de minerais são também muito variáveis, como mostram os perfis de litotipos (A) e de grupos de macerais e minerais (C) da Figura 2. Os argilo-minerais são predominantes, embora ocorram sulfetos e seus produtos de oxidação.

A ocorrência de argilo-minerais associados aos carvões brasileiros tem sido interpretada (Marques-Toigo & Corrêa da Silva, 1984; Corrêa da Silva & Ferreira, 1985; Corrêa da Silva, 1989) como resultado de uma predominância das fácies límnica e limno-telmática durante a formação das turfeiras, propiciando uma constante presença de

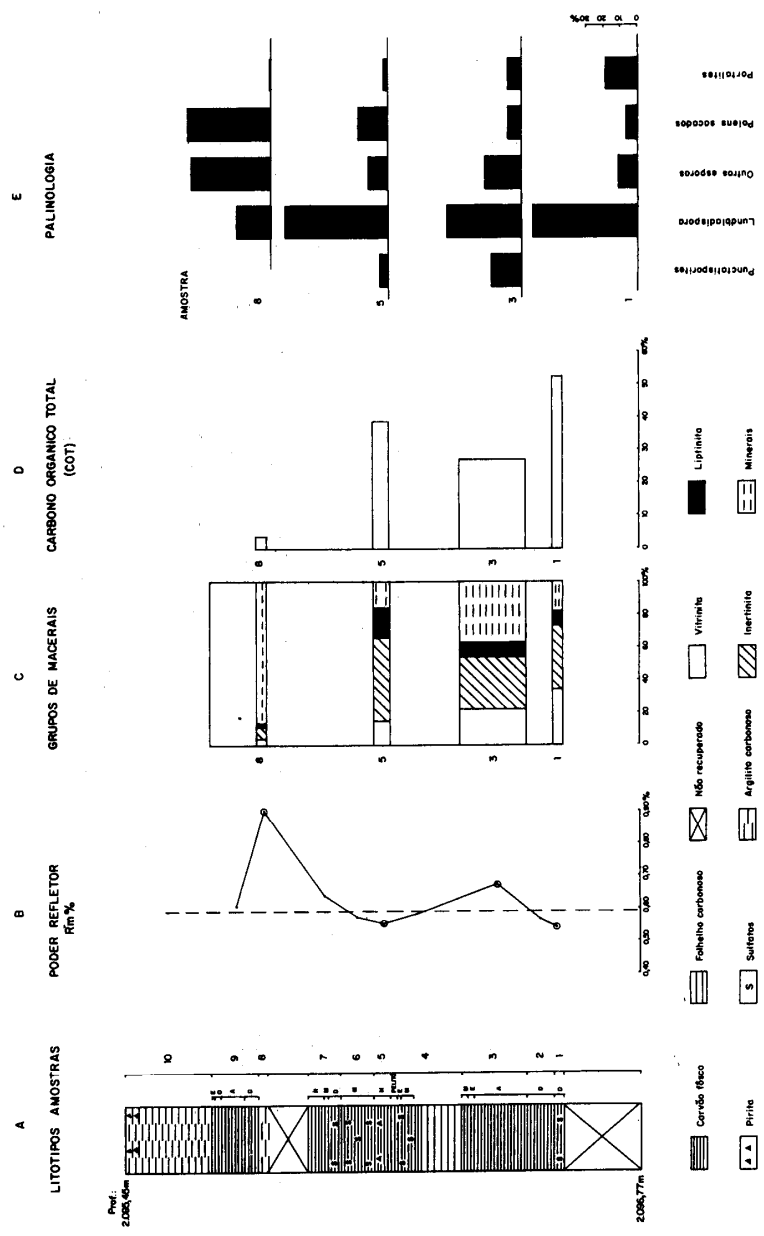


Fig. 2 - Perfil Petro-Palinológico e COT da camada de carvão 2-AO-1-RS, município de Nova Bassano, RS.

lâmina d'água, mais ou menos espessa, e a deposição dos produtos do intemperismo das rochas mais antigas que circundam os corpos d'água.

PALINOLOGIA DA CAMADA DE CARVÃO

Foram analisadas, sob o ponto de vista palinológico, 10 amostras correspondentes aos níveis assinalados no perfil (A) da Figura 2, todas contendo rica associação esporo-polinica, cujas principais formas estão representadas na Estampa II.

Tanto a análise qualitativa como a quantitativa revelaram pouca diversificação quanto à constituição das microfloras podendo-se observar, de modo geral, um predomínio marcado de espécies relacionáveis ao gênero *Lundbladispora*, do grupo dos esporos Cingulicavati (Histograma E, Figura 2).

Entre os esporos Laevigati, o gênero *Punctatisporites* aparece em quase todas as amostras, sendo o mais representativo do grupo. Ocorrem ainda raras formas de *Calamospora* e *Retusotriletes*.

Os esporos do Grupo Apiculati estão representados pelos gêneros *Cyclogranisporites*, *Granulatisporites* e *Horriditriletes*, sendo o primeiro o mais freqüente.

Os esporos Monoletes, embora com representação muito baixa, tem aparecimento praticamente constante em todas as amostras (*Laevigatosporites*).

Os grãos de pólen Saccites (estriados ou não) ocorrem também em todas as amostras analisadas, porém em menor proporção do que os esporos, com exceção da amostra 8, onde atingem 40% da associação. Os gêneros mais freqüentes são *Vesicaspora*, *Scheuringipollenites*, *Potonieisporites*, *Caheniasaccites*,

Protohaploxypinus e *Vittatina*.

Formas relacionadas ao grupo das algas de água doce (*Portalites*) são comuns em todas as amostras analisadas, chegando a atingir 18% da associação, como no caso da amostra 1.

ANÁLISE PETRO-PALINOLÓGICA DA CAMADA DE CARVÃO

Para o estudo petro-palinológico foram selecionadas as amostras 1,3,5 e 8.

Levando em consideração a presença dos gêneros ou mesmo grupos mais significativos dentro das associações esporo-polinicas, representadas no histograma (E) da Figura 2, e suas afinidades botânicas, observa-se que a vegetação formadora da turfeira que deu origem à camada de carvão foi constituída por plantas do grupo das PTERIDOPHYTA, principalmente Lycophyta. Além deste grupo de plantas, estão representadas também as Filicophyta e, em menor proporção, as Sphenophyta.

Os pólenes identificados foram produzidos por plantas do grupo das GYMNOSPERMAE, principalmente Coniferales, Cordaitales e Glossopteridales.

Estabelecendo comparação com estudos anteriores sobre a biomassa formadora de outros carvões gonduânicos sul-brasileiros (Marques-Toigo & Corrêa da Silva, 1984; Corrêa da Silva & Marques Toigo, 1985; Guerra-Sommer, Marques-Toigo & Corrêa da Silva, 1991) observa-se uma estreita relação das associações das amostras 1, 3 e 5 com a Associação *Lundbladispora-Punctatisporites-Portalites* típica de ambiente hidrófilo-higrófilo, segundo o modelo de Remy (1975).

Por outro lado, a associação da amostra 8 mostra similaridade com a Associação *Scheuringipollenites-Caheniasaccites*, produzida

AMOSTRA	VITRINITA %	INERTINITA %	LIPTINITA %	MINERAIS %	MM/MO %
1	34(42)	39(47)	9(11)	18	18/82
3	21(34)	32(53)	8(13)	39	39/61
5	15(18)	51(61)	18(21)	16	16/84
8	4(31)	7(54)	2(15)	87	87/13

MM - matéria mineral MO - matéria orgânica
(Valores entre parênteses correspondem à matéria orgânica isenta de minerais)

Tabela 1. Grupos de macerais e minerais de algumas amostras da camada de carvão da sondagem 2-AO-01-RS

Amostra	Vitrinita %	Inertinita %	Liptinita %	Minerais %	V + L %	Rm% %	COT
1	34	39	9	18	43	0,545	52,51
3	21	32	8	39	29	0,674	27,22
5	15	51	18	16	33	0,553	39,03
8	4	7	2	87	6	0,909	4,97

V - Vitrinita L - Liptinita COT - Carbono Orgânico Total

Tabela 2. Grupos de macerais e minerais, poder refletor médio e carbono orgânico total (COT) de amostras da camada de carvão da sondagem 2-AO-01-RS

por uma vegetação de ambiente mesófilo-higrófilo.

A variação das associações identificadas nas amostras, da base para o topo da camada de carvão, indica uma gradativa mudança no ambiente da turfeira, que passa de higrófila para higró-mesófila, ou seja, de ambiente límnic para limno-telmático, com diminuição da espessura da lâmina d'água, em direção ao topo. Esta diminuição é evidenciada pelo decréscimo na ocorrência das algas do gênero *Portalites*.

A integração dos dados resultantes das análises petrográficas (macro e microscópica) e palinológicas mostra a evolução da fase de formação de carvão, com o estabelecimento inicial

de uma turfeira límnic, com espessa lâmina d'água, sede da deposição de detritos orgânicos provenientes de vegetais hidro-higrófilos, passando para o topo a um ambiente limno-telmático, transicional, com raros elementos hidrófilos e crescente contribuição de pólen oriundos de regiões mais altas ou distantes do corpo d'água. Esta evolução é confirmada pela presença de expressivas quantidades de inertinita e vitrinita oxidada no intervalo 8, próximo ao topo da camada.

GEOQUÍMICA ORGÂNICA

Foram realizadas determinações de carbono orgânico total (COT), cromatografia líquida e

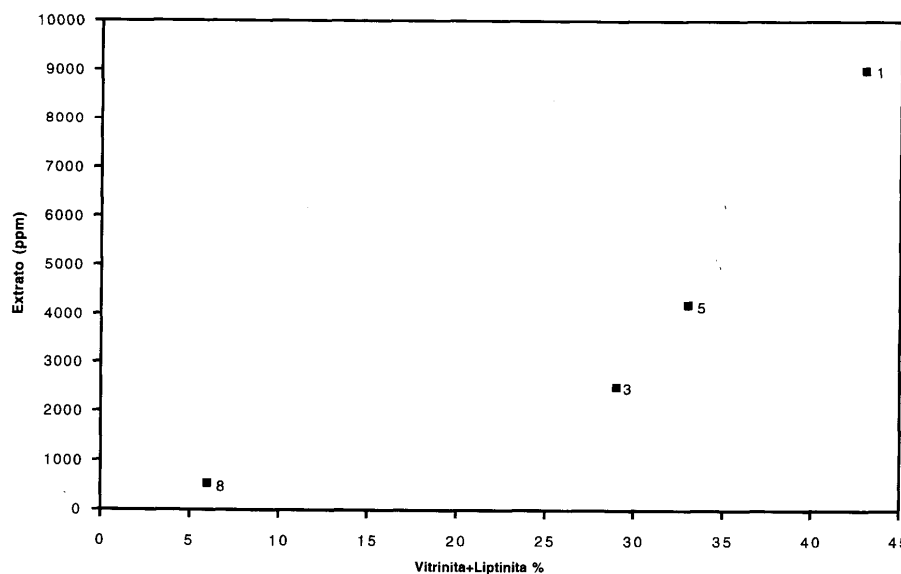


Fig. 3 - Teor de extrato (ppm) vs. % de macerais reativos V + L (vitrinita + liptinita)

gasosa, espectrometria de massas e isótopos estáveis de carbono nas amostras 1, 3, 5 e 8. Os resultados obtidos encontram-se nas tabelas 2 e 3.

Os percentuais de carbono orgânico variam de 4,97%, na amostra 8, a 52,51% na amostra 1. Estes resultados, embora muito variáveis, apresentam uma boa correlação com os resultados da análise petrográfica (Tabela 2, Figura 2) indicando que as amostras 1 e 5 são as que apresentam as maiores concentrações de matéria orgânica. Observa-se uma tendência de diminuição da proporção de reativos (Vitrinita + Liptinita), da base para o topo da camada - amostra 1 para amostra 8 - com conseqüente diminuição na produção de betume (Figura 3).

A cromatografia líquida mostrou predomínio dos compostos aromáticos nas amostras de carvão (1, 3 e 5), e tendência de enriquecimento em alifáticos na amostra de folhelho carbonoso (8), conforme evidenciado no diagrama triangular da Figura 4. O predomínio de aromáticos sobre os demais compostos é característico de extratos de carvões tendo sido também observado no carvão da Camada Barro Branco, de Santa Catarina (Corrêa da Silva, 1981).

A análise CG e CG-EM dos hidrocarbonetos alifáticos, Figuras 5a e 5b e Tabela 3, revela a predominância de pristano sobre fitano em todas as amostras, com exceção da amostra 8, onde deve ter ocorrido perda de compostos leves por evaporação no processo de extração do betume. Estes resultados acima são característicos de sedimentos depositados em turfeiras (Lijmbach, 1975), sendo comum em extratos de carvões.

O perfil de distribuição dos *n*-alcanos mostra, geralmente, maximização em torno de *n*-C19 e *n*-C21 (Figura 5); estes compostos originam-se, entre outros, de ceras que contribuem para a formação de resinas lipídicas (Stach *et al.* 1975). Entretanto, observa-se que a amostra 3 apresenta *n*-alcanos bem desenvolvidos entre C25 e C27, o que poderia estar relacionado com uma

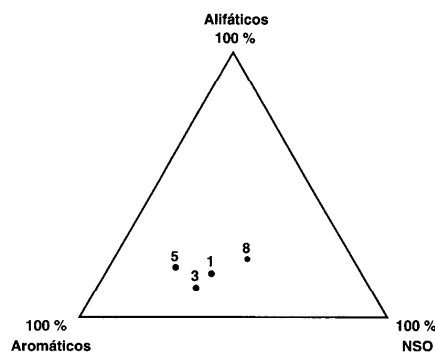


Fig. 4 -Diagrama triangular representando a abundância relativa dos compostos alifáticos, aromáticos NSO dos extratos das amostras 1, 3, 5 e 8.

maior contribuição de vegetais superiores (Mukhopadyay *et al.*, 1979). A amostra 1, por sua vez, apresenta significativa contribuição de *n*-alcanos de baixo peso molecular, em torno de C15, que se relacionam com a contribuição de fitoplâncton e algas (Tissot & Welte, 1978). Tais considerações encontram suporte não só na observação ao microscópio, onde foram identificadas alginitas (Estampa 1), como também na análise palinológica (Histograma E, Figura 2) que confirma a presença decrescente de *Portalites*, da base para o topo da camada de carvão.

Os valores de CPI (Índice Preferencial de Carbono) variam de 1,24 na amostra 3 a 1,07 na amostra 8. Valores de CPI em torno de 1, também tem sido encontrados para carvões gonduânicos sul-brasileiros (Corrêa da Silva, 1981; Corrêa da Silva *et al.*, 1985).

A análise de biomarcadores revela, com relação à distribuição dos terpanos (*m/z* 191), alta abundância relativa de C29 e C30 $\alpha\beta$ hopanos, presença de hopanos estendidos até C34, predomínio de trisnorneohopano (Tm) sobre

Amostra	Extrato ppm	Alif.%	Arom%	NSO%	P/F	P/n-C17	CPI	d ¹³ C(‰)
1	9005,4	16,84	49,28	33,88	6,51	2,05	1,16	-27,27
3	2503,9	9,84	58,62	31,49	2,75	1,44	1,24	-26,41
5	4201,9	20,82	59,50	19,68	2,38	1,50	1,11	-26,24
8	536,5	24,16	32,58	43,26	0,92	0,76	1,07	-24,22

Tabela 3. Resultados das análises de cromatografia líquida e gasosa de amostras da camada de carvão da sondagem 2-AO-01-RS

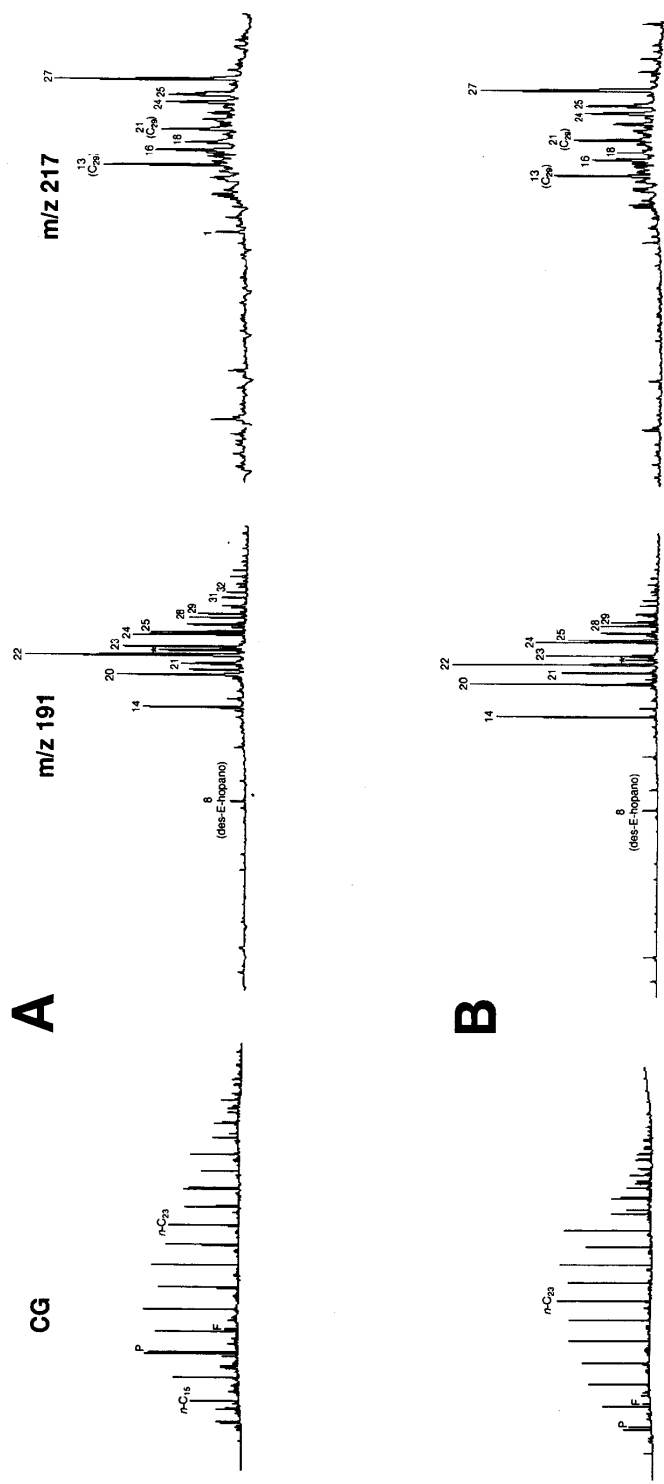


Fig. 5a -Cromatografia gasosa (CG) e espectrometria de massas (m/z 191: terpanos; m/z 217: esteranos) das amostras 1(A) e 3(B).
 (* 17 β (H), 21 β (H) - Moretano)

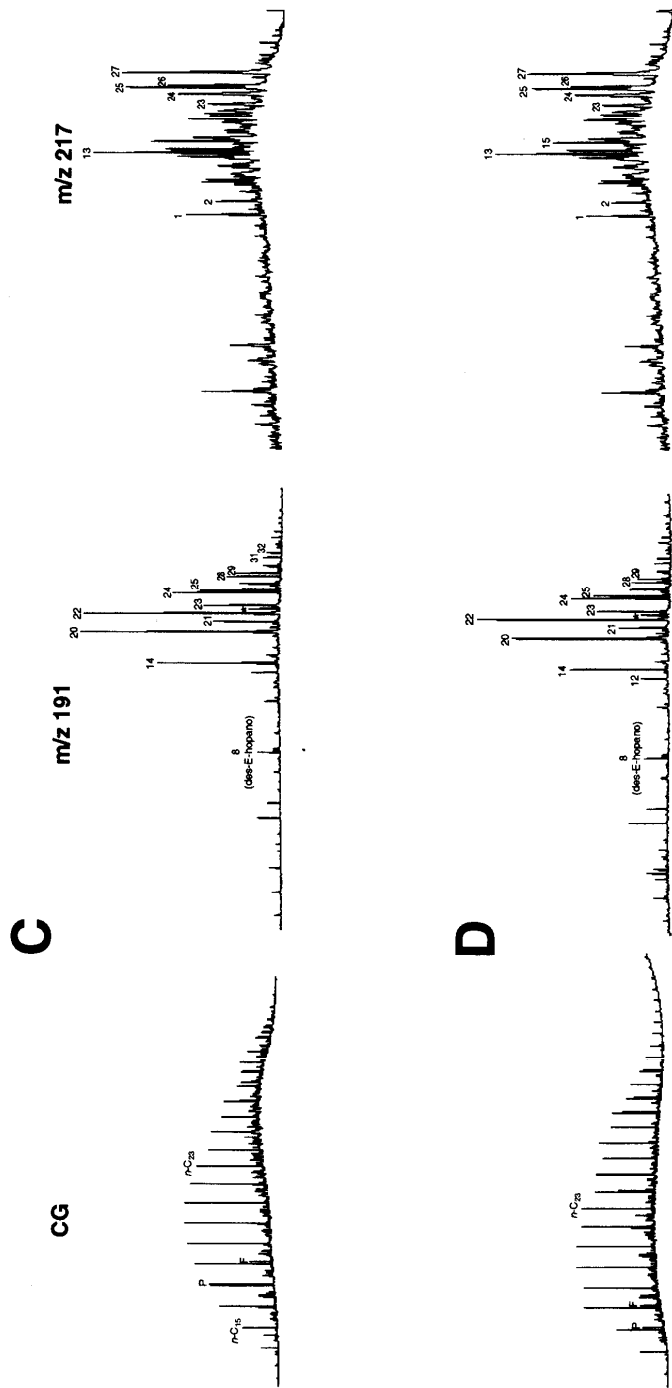


Fig. 5b -Cromatografia gasosa (CG) e espectrometria de massas (m/z 191: terpanos; m/z 217: esteranos) das amostras 5(C) e 8(D). (* 17 β(H), 21 β(H) - Moretano)

trisorhopano (Ts), presença significativa de $\beta\alpha$ -hopanos (moretanos), presença de C29 $\alpha\beta$, $\beta\alpha$ e $\beta\beta$, presença de terpanos tetracíclicos e alta abundância relativa de C31 $\alpha\beta$ hopanos (Figuras 5a e 5b). Algumas destas características são típicas de extratos de carvões, tais como: presença de terpanos tetracíclicos que são encontrados com altas concentrações relativas em carvões do Carbonífero Inferior (Abdullah *et al.*, 1988) e em carvões australianos (Philp & Gilbert, 1986). A elevada abundância relativa de hopanos em C31 foi reportada por Van Dorsselaer *et al.* (1977), Quirk *et al.* (1982) e Villar *et al.* (1988) para amostras de carvões e turfas. Razões Ts/Tm <1 foram observadas em carvões terciários (Malásia), cretácicos (Nova Zelândia) e carboníferos (Escócia), bem como em sedimentos e óleos provenientes de rochas depositadas em ambientes com significativo aporte de vegetais superiores (McKirdy *et al.*, 1983 e Mello *et al.*, 1988).

Outra feição característica em amostras de carvão é a presença significativa de $\beta\alpha$ -hopanos (moretanos), que ocorrem em todas as amostras estudadas com maior abundância relativa nas amostras 1 e 3. Nos carvões da Jazida de Santa Terezinha foi observada a elevada abundância relativa destes compostos (Araujo, 1990).

Ao contrário do que se observa na distribuição dos terpanos, as amostras apresentam diferenças significativas na distribuição dos esteranos (m/z 217). Enquanto nas amostras 1 e 3

ocorre alta abundância relativa de C29 esteranos e diasteranos, as amostras 5 e 8 apresentam esteranos com alta abundância relativa de C27 e C29 em relação ao C28 (Figuras 5a e 5b). De acordo com Huang & Meinschein (1979) e Mackenzie *et al.* (1982) os esteranos em C29 seriam derivados de vegetais superiores. Carvões e sedimentos ricos em vegetais superiores geralmente apresentam predominância em C29 (McKirdy *et al.*, 1986). O amplo predomínio de C29 esteranos em relação aos homólogos em C27 e C28 foi observado nas amostras de carvões da Jazida de Santa Terezinha (Araujo, *et al.*, 1995). Com relação aos diasteranos, sua origem biológica pode estar associada a algas e vegetais superiores, além disso os diasteranos caracterizam associação com rochas ricas em argilo-minerais (Rubinstein *et al.*, 1975).

As razões isotópicas variam de -27,27 a -24,22 ‰, sendo mais leve na amostra 1 e mais pesada na amostra 8, conforme pode ser observado na Tabela 3.

GRAUDECARBONIFICAÇÃO/MATURAÇÃO

Na avaliação do grau de carbonificação (ou maturação da matéria orgânica) foram utilizados os resultados das medidas do poder refletor das telocolinitas (vitritinas) das amostras de 1 a 9 (Tabela 4), bem como o índice preferencial de carbono (CPI)(Tabela 3, figura 7)

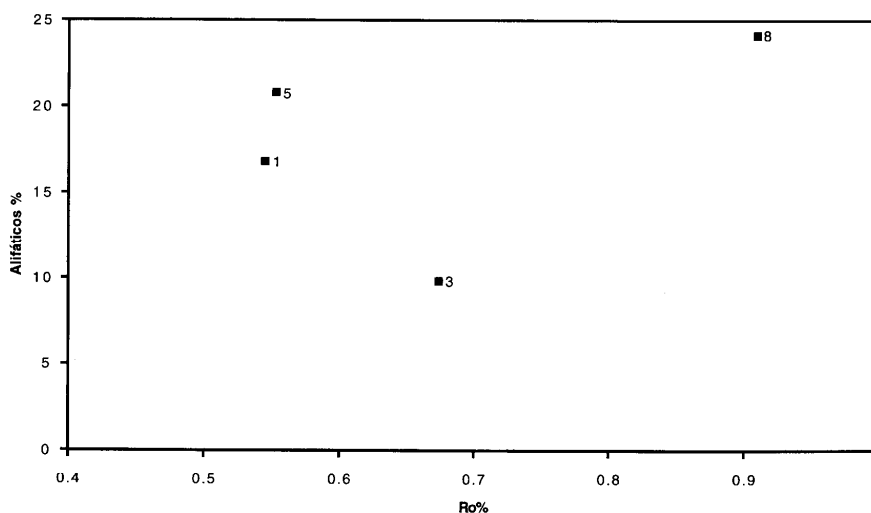


Fig. 6 -Relação entre o poder refletor da vitrinita (Ro%) e o % de hidrocarbonetos alifáticos

AMOSTRA No.MEDIDAS	PROFUNDIDADE	Rm%	DESVIOPADRÃO %	
1	2096,77m	0,545	0,031	100
2	2096,74m	0,564	0,038	100
3	2096,66m	0,674	0,057	50
4	2096,46m	0,590	0,050	100
5	2096,25m	0,553	0,067	100
6	2096,20m	0,570	0,054	100
7	2096,10m	0,637	0,043	100
8	2096,00m	0,909	0,103	24
9	2095,89m	0,615	0,050	100

Tabela 4. Poder refletor médio das telocolinitas (vitrinitas) da camada de carvão da sondagem 2-AO-1-RS, Rio Grande do Sul, Brasil

e o percentual de hidrocarbonetos alifáticos (figura 6) das amostras 1,3,5 e 8.

Os valores encontrados variam entre 0,545 Rm% e 0,674 Rm% (Perfil B, Figura 2), na faixa de carvão sub-betuminoso A/ betuminoso alto volátil C, segundo a classificação norte-americana (ASTM), com exceção da amostra 8 que apresentou um valor anômalo - 0,909 Rm% - em relação à média aritmética das demais medidas - 0,593 Rm%.

A amostra 1, que apresentou os menores percentuais de reflectância, foi a que produziu as

maiores quantidades de extrato (Tabela 3). Esta relação sugere que o poder refletor da vitrinita poderia ter sido rebaixado pela presença de betume impregnando as telocolinitas. O efeito de impregnações lipídicas no poder refletor das vitrinitas foi verificado em outros carvões brasileiros (Corrêa da Silva, 1989).

As relações entre o poder refletor da vitrinita, o percentual de hidrocarbonetos alifáticos (Figura 6), e o índice preferencial de carbono (CPI), (Tabela 3, Figura 7), indicam que

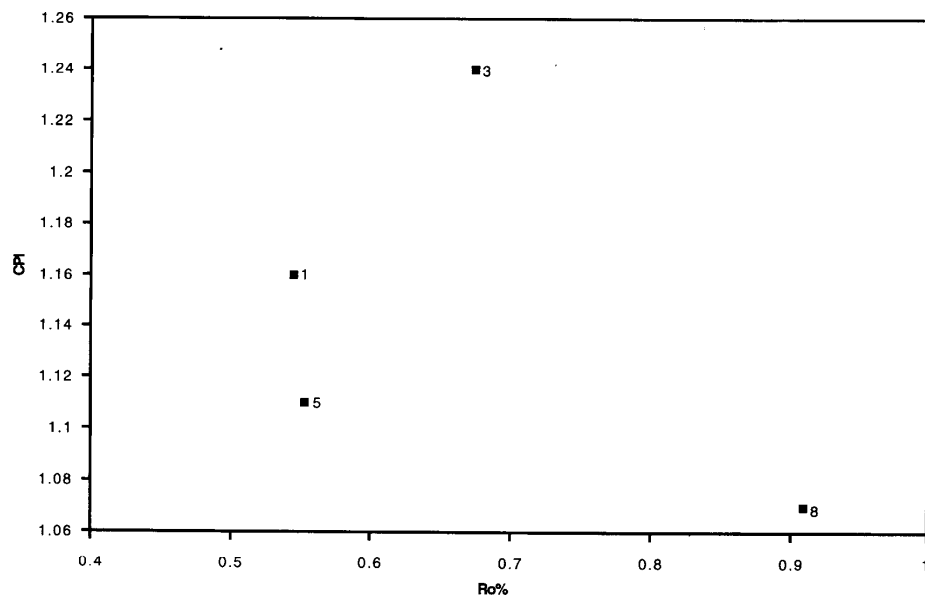


Fig. 7 -Relação entre o poder refletor da vitrinita (Rr%) e o índice preferencial de carbono (CPI)

a amostra 8 é a mais evoluída termicamente. Por outro lado, a presença de isômeros $\beta\beta$ (C29), inclusive na amostra 8, denota o caráter pouco evoluído, em termos de *rank*, da mesma, corroborando a interpretação de que o Rm% mais elevado seja resultado de um processo de oxidação. A amostra 8 é um folhelho carbonoso, com uma relação matéria mineral/matéria orgânica de 87/13, evidenciando uma fase de não formação de carvão. Durante esta fase ocorreu não só a deposição predominante de matéria mineral como também o retrabalhamento e oxidação de vitrinitas anteriormente depositadas na turfeira. Esta idéia é reforçada pela ausência de intrusões ígneas, responsáveis por aumentos bruscos de reflectância, próximas à camada de carvão (no perfil da sondagem foram identificadas intrusões a 100 m acima e 25 m abaixo da camada de carvão, na Formação Rio Bonito).

Tal retrabalhamento poderia ter sido causado por um período de instabilidade tectônica, rebaixando o nível d'água na turfeira e causando exposição e oxidação do material lenhoso formador de telocolinita. Tal processo é também confirmado pela expressiva presença de inertinita (54%). A hipótese de incêndio na turfeira não pode, no entanto, ser descartada.

Estes valores de reflectância correspondem aos valores atribuídos para o início do estágio de catagênese da matéria orgânica, com incipiente formação de hidrocarbonetos líquidos e gasosos (Stach *et al.*, 1975; Tissot & Welte, 1978).

No entanto, a predominância de inertinita e vitrinita, muitas vezes oxidada, e os teores relativamente baixos de liptinita nas amostras estudadas indicam uma possibilidade remota de formação de óleo.

AGRADECIMENTOS

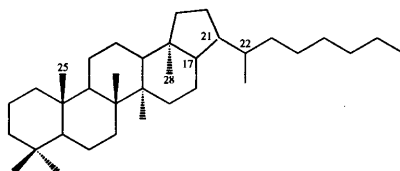
Os autores agradecem à Petrobrás pela cedência das amostras e pela realização das análises de geoquímica orgânica e à Universidade Técnica de Aachen, Alemanha, pelas análises petrográficas.

BIBLIOGRAFIA

- ABDULLAH, W.H.; GJELBERG, J.; JONES, J.M.; MURCHISON, D.G. & TELNAES, N. 1988 Early carboniferous coal depositional environment in Spitzbergen. In: MATTAVELLI, L. & NOVELLI, L. Eds. *Advances in Organic Geochemistry 1987*, Pergamon Press, 2:953-964.
- ARAÚJO, C.V. 1990 *Estudo petrográfico e geoquímico de carvões da Jazida de Santa Terezinha, Rio Grande do Sul, Brasil*. Dissertação de Mestrado, UFRGS. Inédita.
- ARAÚJO, C.V.; CAZZULO KLEPZIG, M. & ALVES, R.G. 1985 Caracterização petrográfica e palinológica de carvões da jazida carbonífera do Iruí, RS, Brasil. In: Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, SBG, Florianópolis, *Anais*, p.449-461.
- ARAÚJO, C.V.; CORRÊA DA SILVA, Z.C. & RODRIGUES, R. 1995 Petrographic and Geochemical study of coals from the Santa Terezinha Coalfield, Rio Grande do Sul, Brazil. *Revista Latino-americana de Geoquímica Organica*, Rio de Janeiro, 1:28-45
- CORRÊA DA SILVA, Z.C. 1981 Origin and facies of some South Brazilian coal seams. *Proceedings International Conference on Coal Science*, Düsseldorf 1981, pp.38-44.
- CORRÊA DA SILVA, Z.C. 1987 1987 Jazidas de carvão no Rio Grande do Sul. 3º Simpósio Regional de Geologia, Curitiba, *Atas*, 2:38-44.
- CORRÊA DA SILVA, Z.C. 1989 The rank evaluation of South Brazilian Gondwana coals on the basis of different chemical and physical parameters. *International Journal of Coal Geology*, 13:21-39.
- CORRÊA DA SILVA, Z.C. & FERREIRA, J.A.F. 1985 Considerações sobre a pesquisa geológica de carvão no Estado do Rio Grande do Sul. 1º Encontro de Pesquisadores em Carvão no RS. *Anais*, pp. 6-21.
- CORRÊA DA SILVA, Z.C.; HAGEMANN, H.W. & WOLF, M. 1985 Petrographic and geochemical properties of selected South Brazilian coals. *Zbl. Geol. Paläontol.*, Part I (9/10):1565-1578.
- CORRÊA DA SILVA, Z.C. & MARQUES-TOIGO, M. 1985 Considerações petrológicas sobre a Camada Candiota, Jazida Carbonífera de Candiota. 2º Simpósio Sul-brasileiro de Geologia. *Anais*, pp. 432-448.
- GUERRA-SOMMER, M.; MARQUES-TOIGO, M. & CORRÊA DA SILVA, Z.C. 1991 Original Biomass and coal deposition in southern Brazil (Lower Permian, Paraná Basin). *Bull. Soc. Géol. France*, 162(2):227-237.
- HUANG, W.Y. & MEINSCHNEIN, W.G. 1979 Sterols in sediments from Baffin Bay, Texas. *Geochimica Cosmochimica Acta*, 43:739-745.
- LJMBACH, G.W.M. 1975 On the origin of petroleum. 9th World Petroleum Congress, Tokyo, *Spec.Paper*, pp. 357-369.
- MACKENZIE, A.S.; BRASSEL, S.C.; EGLINTON,

- G. & MAXWELL, J.R. 1982 Chemical fossils: the geological fate of steroids. *Science*, 217:491-504.
- MARQUES-TOIGO, M. & CORRÊA DA SILVA, Z.C. 1984 On the origin of Gondwanic South Brazilian coal measures. *Comun. Serv. Geol. Portugal*, 70(2):151-160.
- MELLO, M.R.; GAGLIANONE, P.C.; BRASSEL, S.C. & MAXWELL, J.R. 1988 Geochemical and biological marker assessment of depositional environment using Brazilian offshore oils. *Marine and Petroleum Geology*, 5:205-223.
- MCKIRDY, D.M.; ALDRIDGE, A.K. & YPMA, P.J.M. 1983 A geochemical comparison of some crude oils from pre-Ordovician carbonate rocks. In: BJØROY et al. Eds. *Advances in Organic Geochemistry 1981*, Bergen, pp.99-107.
- MCKIRDY, D.M.; COX, R.E.; VOLKMANN, J.K. & HOWELL, V.G. 1986 Botryococcane in a new class of Australian non-marine crude oils. *Nature*, 320:57-59.
- MUKHOPADHYAY, P.K.; HAGEMANN, H.W.; HOLLERBACH, A. & WELTE, D.H. 1979 The relation between organic geochemical and petrological parameters of coal in Indian coal basins. *Energy Sources*, 4(4):313-328.
- OURISSON, G.; ALBRECHT, P. & ROHMER, M. 1982 Predictive microbial biogeochemistry from molecular fossils to procaryotic membranes. *Trends Biochem. Sciences* 7:236-239.
- PHILP, R. P. 1985 *Fossil fuel biomarkers - Application and Spectra*. Elsevier, Amsterdam, 571 pp.
- PHILP, R. P. & GILBERT, T. D. 1986 Biomarker distribution in Australian oils predominantly derived from terrigenous source material. In: *Advances in Organic Geochemistry*, 1985, Pergamon Press, Oxford, pp.73-84.
- QUIRK, M. M.; WARDROPER, A. M. K.; MAXWELL, J. R. & WHEATLEY, R. E. 1982 Extended hopane derivatives in peats. *Chem.Geol.*, pp.72-84.
- REMY, R. 1975 The floral change at the Carboniferous-Permian boundary in Europe and North America. In: BOURLOW, A.J. Ed., *I.C. White Memorial Symposium - The age of the Dunkard*, 1, *Proceedings*, Morgantown, Virginia, pp. 305-343.
- RUBENSTEIN, I.; SIESKIND, O. & ALBRECHT, P. 1975 Rearranged steranes in a shale: Occurrence and simulated formation. *Journal of Chemical Society, Perkin Transaction 1*, p. 1833-1836.
- SCHNEIDER, R.L.; MÜHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R.A.; DAEMON, R. & NOGUEIRA, A.A. 1974 Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. 28º Cong. Bras. Geologia, Porto Alegre, *Anais*, 1:41-65.
- STACH, E.; MACKOWSKY, M.Th.; TEICHMÜLLER, M.; TAYLOR, G.H.; CHANDRA, D.; TEICHMÜLLER, R. 1975 *Stach's Textbook of Coal Petrology*, Gebrüder Borntraeger Eds., Berlin, 428 p.
- TISSOT, B.P. & WELTE, D.H. 1978 *Petroleum formation and occurrence*. Springer Verlag, Berlin, 538 p.
- VAN DORSSELAER, A.; ALBRECHT, P. & OURISSON, G. 1977 Identification of novel 17a(H)-hopanes in shales, coals, lignites, sediments and petroleum. *Bull. Soc. Chim. France*, 1 (2):165-170.
- VILLAR, H.; PÜTTMANN, W. & WOLF, M. 1988 Organic geochemistry and petrography in tertiary coals and carbonaceous shales from Argentina. In: MATTAVELLI, L. & NOVELLI, I. Eds. *Advances in Organic Geochemistry 1987*, Pergamon Press, 2:1011-1022.

TERPANOS

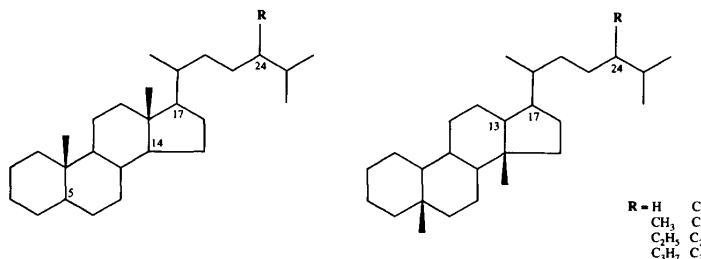


F.Mol. P.M.

Terpanos

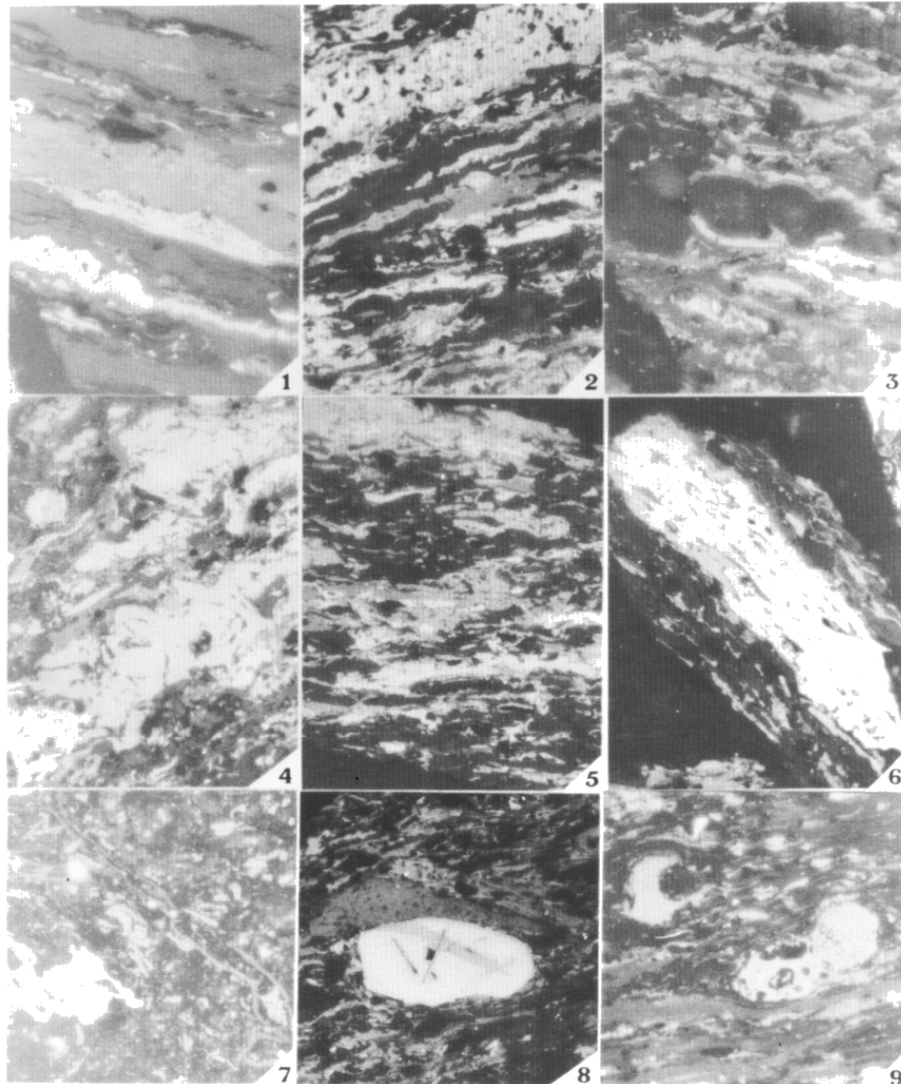
1 - Terpano tricíclico em C ₁₉	C ₁₉ H ₃₄	262
2 - Terpano tricíclico em C ₂₀	C ₂₀ H ₃₆	276
3 - Terpano tricíclico em C ₂₁	C ₂₁ H ₃₈	290
4 - Terpano tricíclico em C ₂₂	C ₂₂ H ₄₀	304
5 - Terpano tricíclico em C ₂₃	C ₂₃ H ₄₂	318
6 - Terpano tricíclico em C ₂₄	C ₂₄ H ₄₄	332
7 - Terpano tricíclico em C ₂₅	C ₂₅ H ₄₆	346
8 - Terpano tetracíclico em C ₂₄	C ₂₄ H ₄₂	330
9 - Terpano tricíclico em C ₂₆ (S/R)	C ₂₆ H ₄₈	360
10 - Terpano tricíclico em C ₂₈ (S/R)	C ₂₈ H ₅₂	388
11 - Terpano tricíclico em C ₂₉ (S/R)	C ₂₉ H ₅₄	402
12 - 18α(H),22,29,30-Trisnorneohopano (Ts)	C ₂₇ H ₄₆	370
13 - 17α(H),18α(H),21β(H),25,28,30-Trisnorhopano	C ₂₇ H ₄₆	370
14 - 17α(H),22,29,30-Trisnorhopano (Tm)	C ₂₇ H ₄₆	370
15 - 17β(H),18α(H),21α(H),25,28,30-Trisnormoretano	C ₂₇ H ₄₆	370
16 - 17β(H),22,29,30-Trisnorhopano	C ₂₇ H ₄₆	370
17 - 17α(H) - C ₂₈ demetilado no anel A/B	C ₂₈ H ₄₈	384
18 - 17α(H),18α(H),21β(H),28,30-Bisnorhopano	C ₂₈ H ₄₈	384
19 - 17α(H) - C ₂₉ demetilado no anel A/B	C ₂₉ H ₅₀	398
20 - 17α(H),21β(H),30-Norhopano	C ₂₉ H ₅₀	398
21 - 17β(H),21α(H),30-Normoretano	C ₂₉ H ₅₀	398
22 - 17α(H),21β(H)-Hopano	C ₃₀ H ₅₂	412
23 - 17β(H),21α(H)-Moretano	C ₃₀ H ₅₂	412
24 - 17α(H),21β(H)-Homohopano (22S)	C ₃₁ H ₅₄	426
25 - 17α(H),21β(H)-Homohopano (22R)	C ₃₁ H ₅₄	426
26 - Gamacerano	C ₃₀ H ₅₂	412
27 - 17β(H),21α(H)-Homomoretano	C ₃₁ H ₅₄	426
28 - 17α(H),21β(H)-Bishomohopano (22S)	C ₃₂ H ₅₆	440
29 - 17α(H),21β(H)-Bishomohopano (22R)	C ₃₂ H ₅₆	440
30 - 17β(H),21α(H)-Bishomomoretano	C ₃₂ H ₅₆	440
31 - 17α(H),21β(H)-Trishomohopano (22S)	C ₃₃ H ₅₈	454
32 - 17α(H),21β(H)-Trishomohopano (22R)	C ₃₃ H ₅₈	454
33 - 17β(H),21α(H)-Trishomomoretano	C ₃₃ H ₅₈	454
34 - 17α(H),21β(H)-Tetrakishomohopano (22S)	C ₃₄ H ₆₀	468
35 - 17α(H),21β(H)-Tetrakishomohopano (22R)	C ₃₄ H ₆₀	468
36 - 17β(H),21α(H)-Tetrakishomomoretano	C ₃₄ H ₆₀	468
37 - 17α(H),21β(H)-Pentakishomohopano (22S)	C ₃₅ H ₆₂	482
38 - 17α(H),21β(H)-Pentakishomohopano (22R)	C ₃₅ H ₆₂	482
39 - 17β(H),21α(H)-Pentakishomomoretano	C ₃₅ H ₆₂	482

ESTERANOS



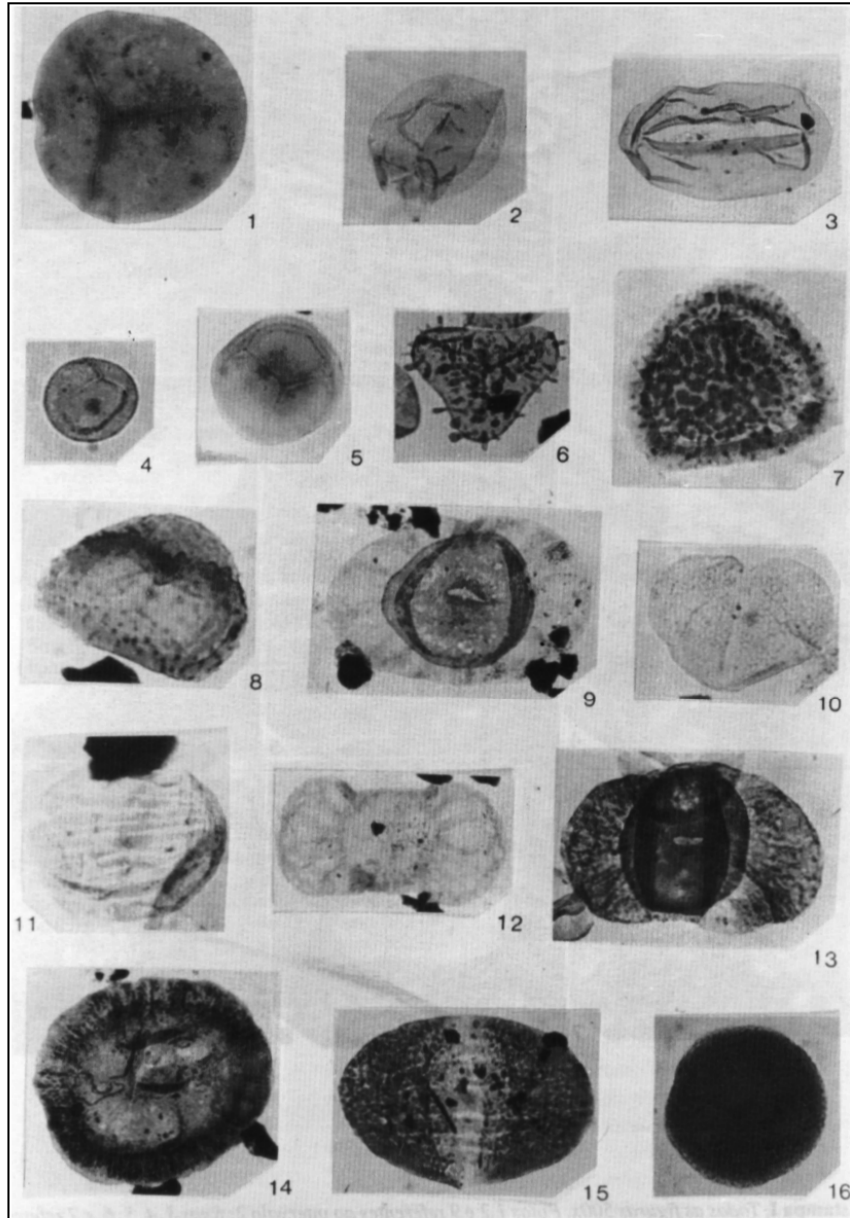
F.Mol. P.M.

	Esteranos
1 - 13β(H),17α(H)-Diacolestano (20S)	C ₂₇ H ₄₈ 372
2 - 13β(H),17α(H)-Diacolestano (20R)	C ₂₇ H ₄₈ 372
3 - 13α(H),17β(H)-Diacolestano (20S)	C ₂₇ H ₄₈ 372
4 - 13α(H),17β(H)-Diacolestano (20R)	C ₂₇ H ₄₈ 372
5 - 13β(H),17α(H),24-metil-Diacolestano (20S)	C ₂₈ H ₅₀ 386
6 - provavelmente diastereoisômeros 24R/S	
7 - não identificado	
8 - não identificado	
9 - 13β(H),17α(H),24-metil-Diacolestano (20R)	C ₂₈ H ₅₀ 386
10 - provavelmente diastereoisômeros 24R/S	
11 - 13α(H),17β(H),24-metil-Diacolestano (20S)	C ₂₈ H ₅₀ 386
12 - 5α(H),14α(H),17α(H)-Colestano (20S)	C ₂₇ H ₄₈ 372
13 - 5α(H),14β(H),17β(H)-Colestano (20R) + 13β(H),17α(H),24-etil-Diacolestano (20S)	C ₂₇ H ₄₈ 372 C ₂₉ H ₅₂ 400
14 - 5α(H),14β(H),17β(H)-Colestano (20S) + 13α(H),17β(H),24-metil-Diacolestano (20R)	C ₂₇ H ₄₈ 372 C ₂₈ H ₅₀ 386
15 - 5α(H),14α(H),17α(H)-Colestano (20R)	C ₂₇ H ₄₈ 372
16 - 13β(H),17α(H),24-etil-Diacolestano (20R)	C ₂₉ H ₅₂ 400
17 - não identificado	
18 - 13α(H),17β(H),24-etil-Diacolestano (20S)	C ₂₉ H ₅₂ 400
19 - não identificado	
20 - 5α(H),14α(H),17α(H),24-metil-Colestano (20S)	C ₂₈ H ₅₀ 386
21 - 5α(H),14β(H),17β(H),24-metil-Colestano (20R) + 13α(H),17β(H),24-etil-Diacolestano (20R)	C ₂₈ H ₅₀ 386 C ₂₉ H ₅₂ 400
22 - 5α(H),14β(H),17β(H),24-metil-Colestano (20S)	C ₂₈ H ₅₀ 386
23 - 5α(H),14α(H),17α(H),24-metil-Colestano (20R)	C ₂₈ H ₅₀ 386
24 - 5α(H),14α(H),17α(H),24-etil-Colestano (20S)	C ₂₉ H ₅₂ 400
25 - 5α(H),14β(H),17β(H),24-etil-Colestano (20R)	C ₂₉ H ₅₂ 400
26 - 5α(H),14β(H),17β(H),24-etil-Colestano (20S)	C ₂₉ H ₅₂ 400
27 - 5α(H),14α(H),17α(H),24-etil-Colestano (20R)	C ₂₉ H ₅₂ 400



Estampa I. Todas as figuras 500x. Fotos 1,2 e 9 referentes ao intervalo 2; fotos 3, 4, 5, 6, e 7 referentes ao intervalo 3; foto 8 referente ao intervalo 7.

1 e 2. Carvão bem estratificado, com bandas de vitrinite, fusinite, semifusinite e esporinite abundante; 3. Resinite, microesporinite e inertodetrinite em matriz vitrínica; 4. Inertodetrinite; 5. Carvão bem estratificado, com inertodetrinite, vitrodetrinite, esporinite e resinite; 6. Banda de fusinite, esporinite e resinite; 7. Inertodetrinite em matriz argilosa; 8. Macrinite, semifusinite e inertodetrinite; 9. Esclerotinite, inertodetrinite, esporinite e vitrodetrinite estratificadas.



Estampa II. Todas as figuras 750x.

1. *Punctatisporites* sp.; 2. *Calamospora* sp.; 3. *Laevigatosporites* sp.; 4. *Cyclogranisporites* sp.; 5. *Retusotriletes* sp.; 6. *Horriditriletes* sp.; 7. *Cristatisporites* sp.; 8. *Lundbladispota* sp.; 9. *Potonieisporites* sp.; 10. *Vesicaspora* sp.; 11. *Potonieisporites* sp.; 12. *Caheniasaccites* sp.; 13. *Vittatina* sp.; 14. *Cannanoropollis* sp.; 15. *Protohaploxypinus* sp.; 16. *Portalites* sp.