5. RESULTADOS OBTIDOS

5.1 Aspectos faciólogicos da Formação Tremembé

Com base na descrição do poço MOR-SP, sete fácies foram caracterizadas (Figura 24) e (Tabela 1). Realizando uma reavaliação faciológica nos testemunhos do poço TMB-SP, estudado previamente por Freitas (2007), constatou-se a presença de todas as sete fácies aqui caracterizadas, verificando-se, todavia, a existência de uma fácies ausente no poço MOR-SP, que se trata da fácies de lamito seixoso. Comparando essas fácies com aquelas descritas por Riccomini (1989) (ver capítulo 3), Torres-Ribeiro (2004), e por Pimentel (2009) constata-se que, dentre as fácies identificadas por esses autores, três fácies também encontram-se ausente nos poços mencionados acima, quais sejam, as fácies: (i) dolomito; (ii) arenito grosso, arcoseano, cinza esverdeado maciço com gradação normal; (iii) arenitos com estratificação cruzada sigmoidal e granodecrescência ascendente de areia média. Na tabela 1 são apresentadas tanto as fácies identificadas nesse estudo no poço MOR-SP, como também fácies não representadas no poço MOR-SP, porém reconhecidas por Riccomini (1989), Torres-Ribeiro (2004) e Pimentel (2009) em outras áreas da bacia.

Tabela 1 - Classificação das fácies

Código	Fácies	Descrição	Interpretação
Flc	Folhelho síltico-argiloso	Folhelho silto-argiloso cinza, em geral incipientemente laminado, com presença frequente de fósseis vegetais (tronco carbonizado).	Sedimentação de argila e matéria orgânica algálica e terrestre em ambiente subaquoso anóxico / disóxico
Flp	Folhelho argiloso	Folhelho argiloso, preto, laminado.	Sedimentação de argila e matéria orgânica algálica e terrestre em ambiente subaquoso anóxico / disóxico
Fl (i)	Folhelho síltico, cinza, com injeções de material esverdeado	Folhelho síltico, cinza, com injeções de material esverdeado.	Sedimentação de finos e matéria orgânica em ambiente subaquoso disóxico. As injeções de material síltico-argiloso esverdeado devem evidenciar processo de exposição subaérea, associado a fendas geradas por raízes e/ou gretas de ressecamento.
Fp	Folhelho papiráceo	Folhelho papiráceo, bem laminado, preto com presença frequente de ostracodes, deformação plástica na laminação.	Sedimentação de argila e matéria orgânica algálica e terrestre em ambiente subaquoso anóxico
Flv	Folhelho argilo-siltoso	Folhelho argilo siltoso, cinza esverdeado, laminado com bioturbações.	Sedimentação de argila e matéria orgânica algálica e terrestre em ambiente subaquoso anóxico / disóxico
Aem	Argilito esmectítico	Argilito esmectítico, verde, maciço com presença de carbonato em suas fendas, podendo apresentar fósseis de ostracodes.	Exposição subaérea e pedogenização (paleosolo)
Scm	Siltito	Siltito,cinza claro, maciço	Sedimentação de finos e matéria orgânica em ambiente subaquoso óxico / disóxico.
Lsx	Lamito seixoso	Lamito seixoso, maciço, verde	Depósitos de Mud Flow em ambiente subaquoso (Freitas, 2007).
Agr	Arenito grosso	Arenito grosso, arcoseano, cinza esverdeado, maciço com gradação normal.	Depósitos de processos tipo sheet-flood, ocasionados por enchentes esporádicas, depositando corpos de inunditos nas bordas do lago (Riccomini, 1989).
Ast	Arenito com estratificação	Arenitos com estratificação cruzada sigmoidal, granodecrescência ascendente de areia média, ocasionalmente areia grossa ou grânulos, até silte, forma de lobos, presença de laminações cavalgantes (climbing ripples)	Chegada de leques aluviais diretamente no lago, formando depósitos tipo leque deltaico (Riccomini, 1989).
Dm	Dolomito	Dolomito,verde-acinzentado,tabular,de espessuras decimétricas.	Depósitos de menor lâmina d'água, representando os períodos de maior salinidade do lago (Riccomini, 1989).
Sm	Arenito Maciço	Arenito maciço de agranulometria fina a média	Fluxo gravitacional coesivo (sand debris) (Torres-Ribeiro, 2004)
Sl	Arenito laminado	Arenito médio a grosso, laminado	Lençol de tração em regime de fluxo superior (Torres-Ribeiro, 2004)
Descrição de fácies do poço MOR-SP - Cor Rosa			
Descrição de fácies do poço TMB-SP - Cor verde			
Descrição de fácies de Riccomini (1989) e Torres-Ribeiro (2004)- Cor laranja			

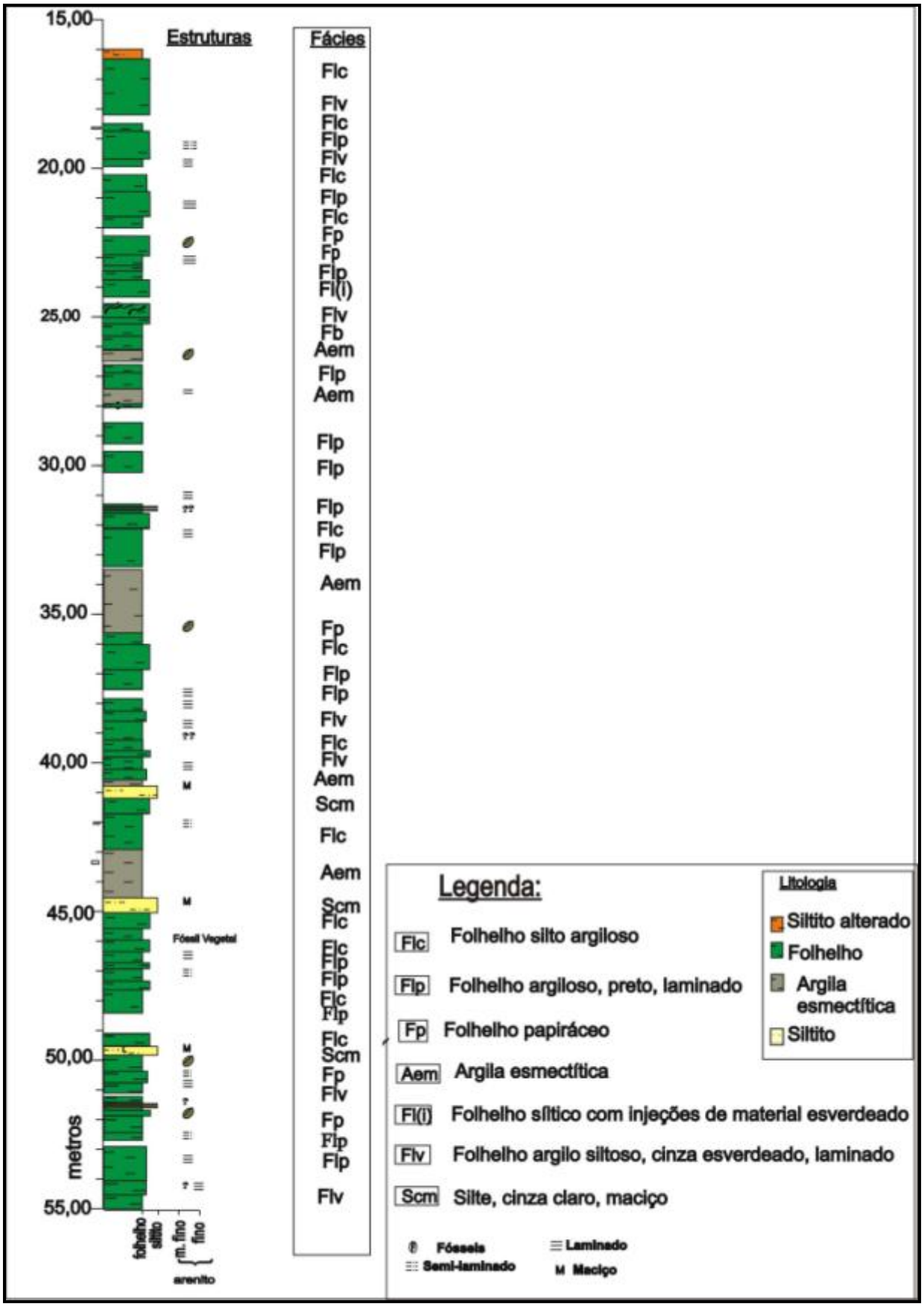

Figura 24 - Caracterização faciológica do poço MOR-SP.

5.2 **Caracterização das unidades quimioestratigráficas**

Os resultados foram obtidos a partir da análise de carbono orgânico total, enxofre, resíduo insolúvel (Figura 25) e pirólise (Figuras 26 e 27) nos folhelhos da Formação Tremembé no poço MOR-SP. Com base nesses dados, seis unidades quimioestratigráfica foram identificadas. Estas unidades foram designadas por algarismos romanos, de I a VI, a partir da base, conforme mostrado na Figura 25.

Deve ser destacado que praticamente todo o intervalo analisado apresenta um excelente potencial gerador, à exceção das unidades II e IV, representadas pelos argilitos esmectíticos (Figura 26).

No intervalo estudado, o Trato de sistemas de lago profundo (TLP) e trato de sistema de lago raso (TLR) (Della Favera, 2001) são evidenciados por associações de folhelhos e argilitos esmectíticos respectivamente. No entanto, deve ser destacado que as designações “raso” e “profundo” acima assinaladas são aplicadas aqui no sentido relativo, pois presume-se que no intervalo amostrado nos poço tem-se o registro de depósitos lacustres representativos de lâminas d’água relativamente rasas. O TLR é individualizado pelas camadas de argilito esmectitítico, representativas de fases de rebaixamento do nível base com exposição parcial dos depósitos marginais do lago e subsequente processo de pedogenização. A tendência geral do intervalo estudado é transgressiva, sendo reconhecidos três ciclos de raseamento para o topo, constituídos na base pelo TLP e pelo TLR, como mostra a Figura 28.

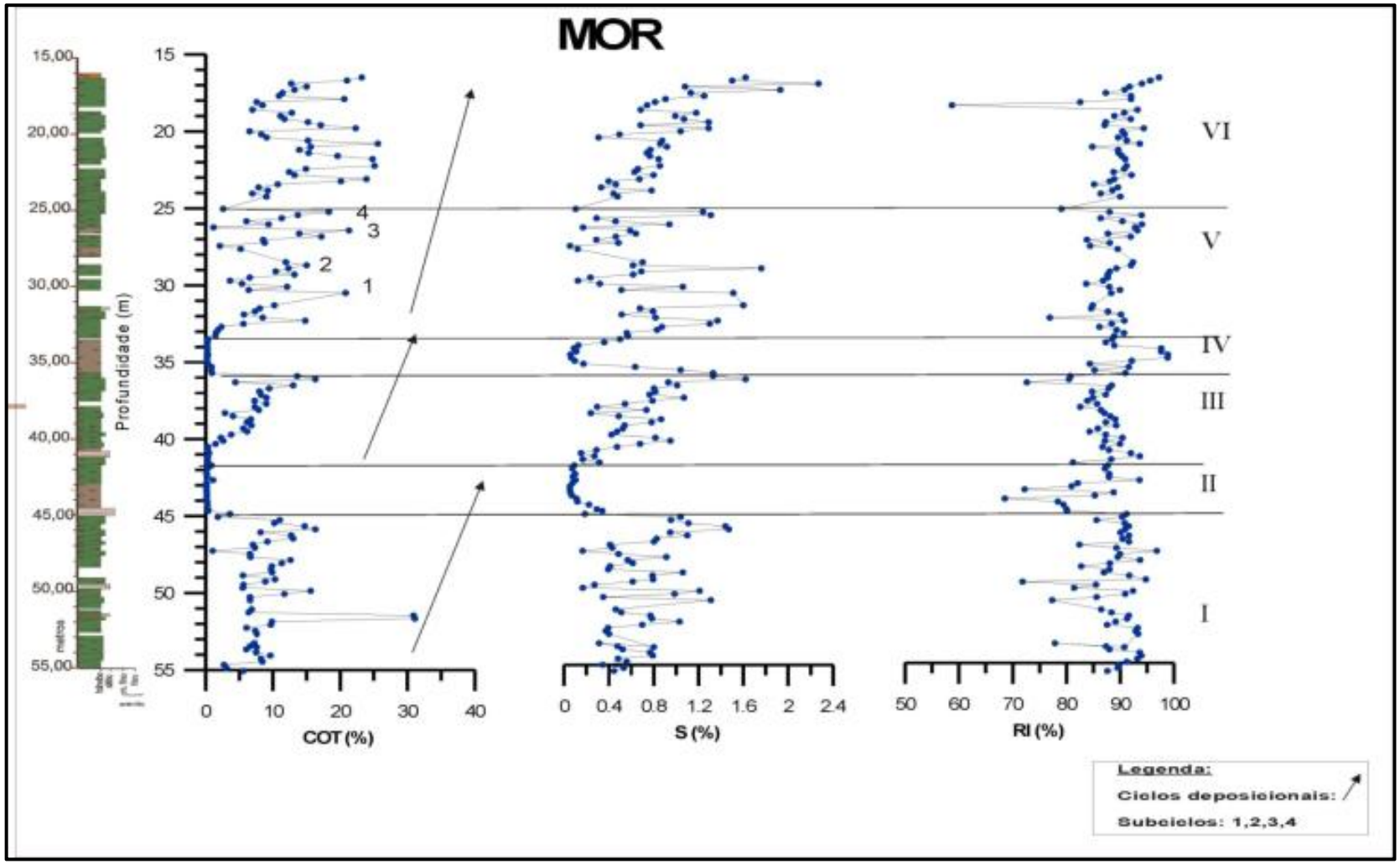

Figura 25 - Relação entre os teores de COT,S e R.I e distribuição as unidades quimioestratigráficas. As setas representam os ciclos deposicionais.

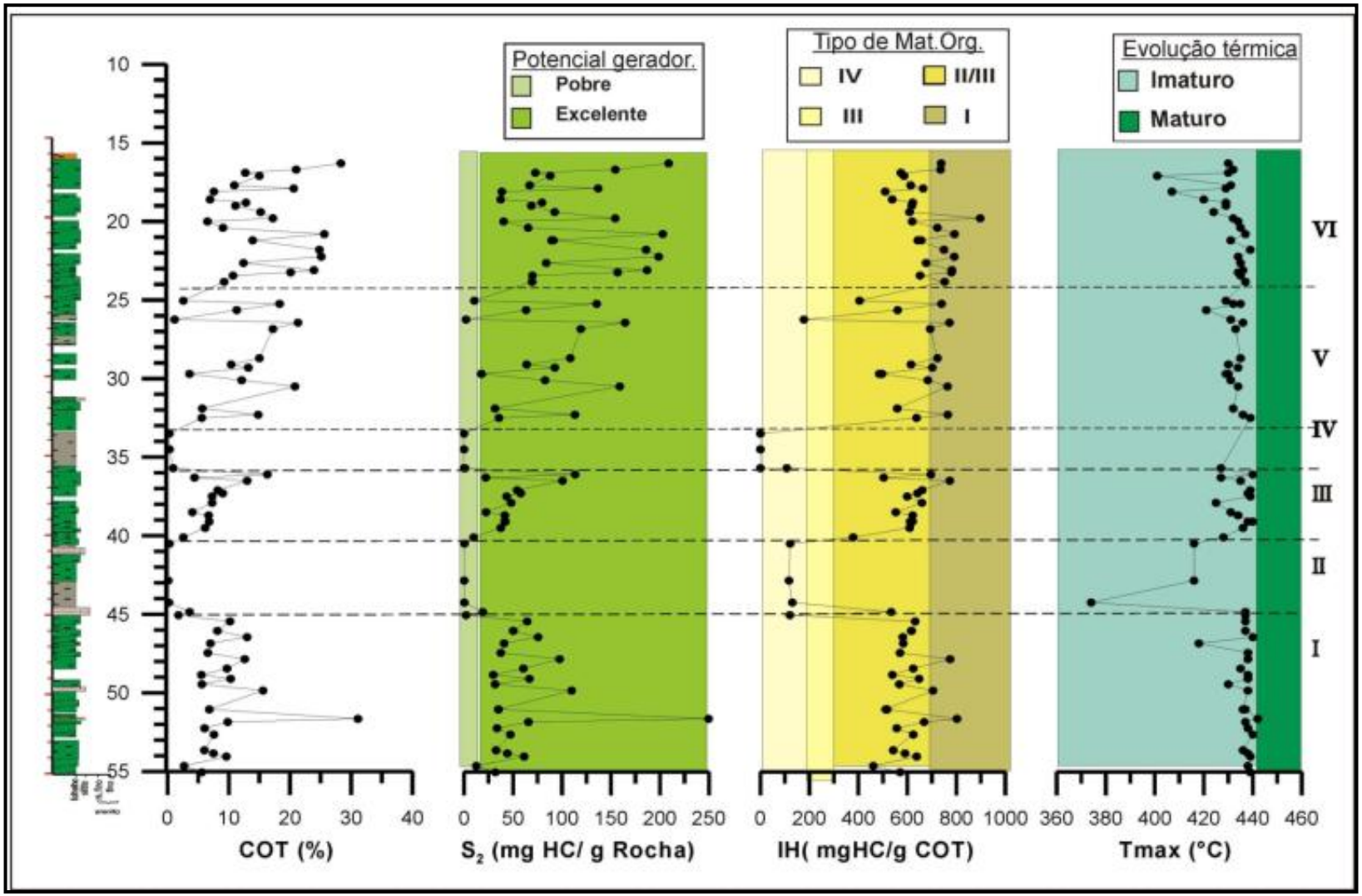

Figura 26 - Gráfico mostrando a relação de COT versus S2, IH e Tmax.

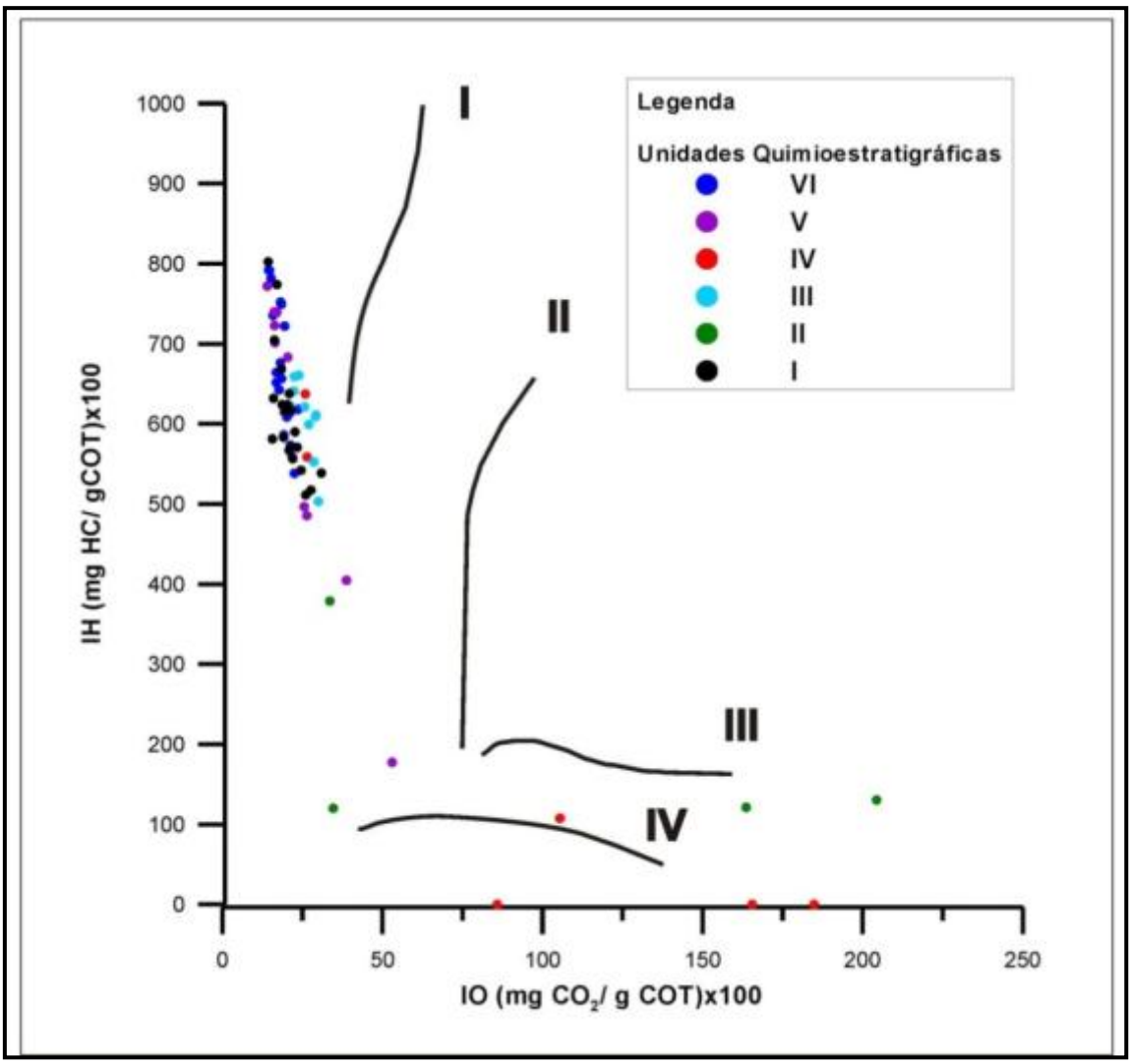

Figura 27 - Diagrama de Van Krevelen mostrando a distribuição das unidades quimioestratigráficas do poço MOR-SP de acordo com o tipo de matéria orgânica

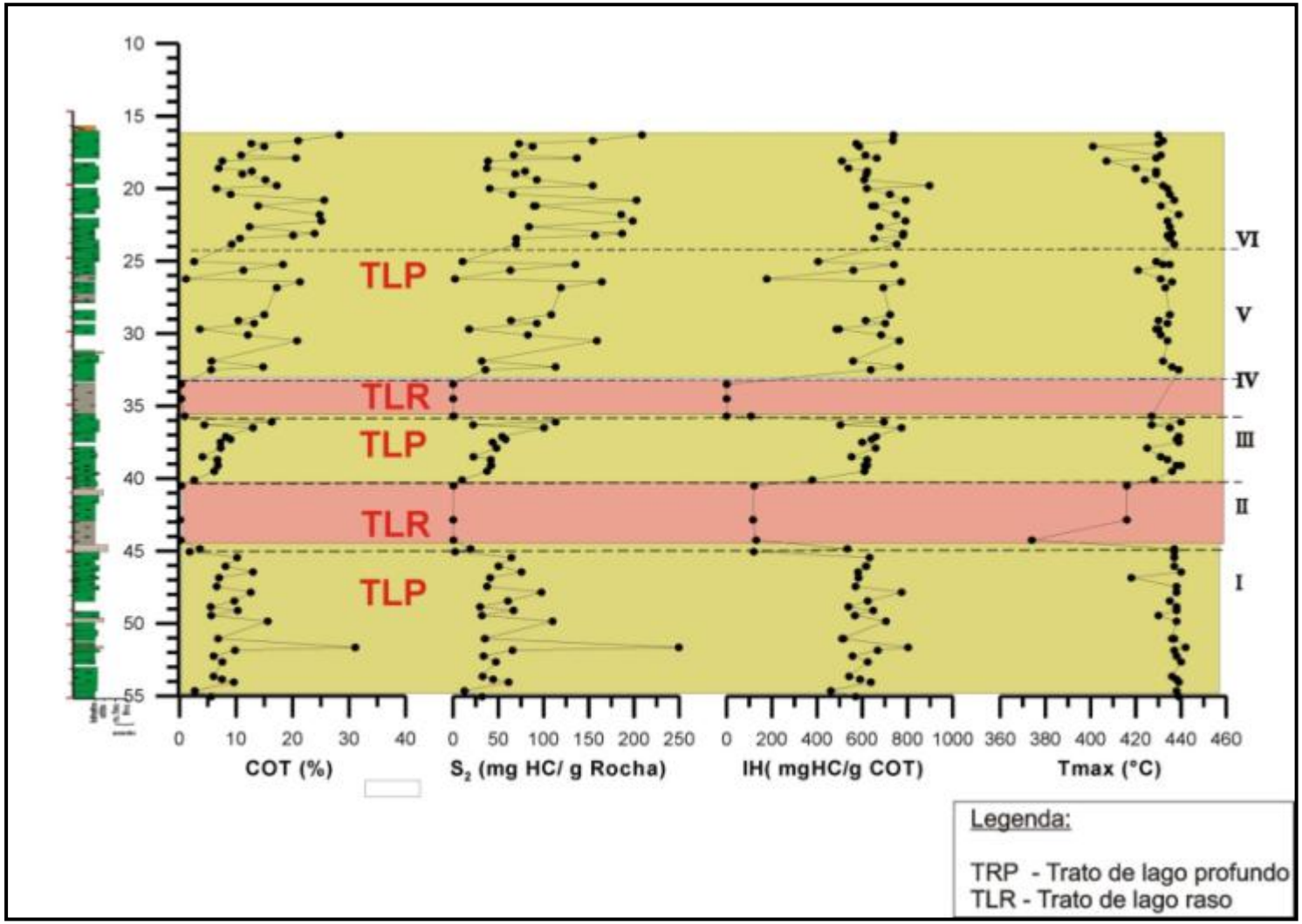

Figura 28 - Definição dos Tratos de Sistemas de Lago Raso (TLR) e de Lago Profundo (TLP), bem como dos três ciclos deposicionais reconhecidos no poço MOR – SP

5.2.1 Unidade I

5.2.1.1 Caracterização Faciológica

A unidade é composta por intervalos de folhelho papiráceo com presença de ostracodes (Fácies Fp) (Figura 29); folhelho argiloso, preto, laminado (Fácies Flp) folhelho silto-argiloso, cinza (Fácies Flc), e siltito cinza claro, maciço (Fácies Scm). É comum a presença de bioturbações na fácies de folhelho silto-argiloso (Flc). Localiza-se entre as profundidades de 45,05 metros e 52,25 metros. Apresenta espessura em torno de 7,20 metros (Figura 25).

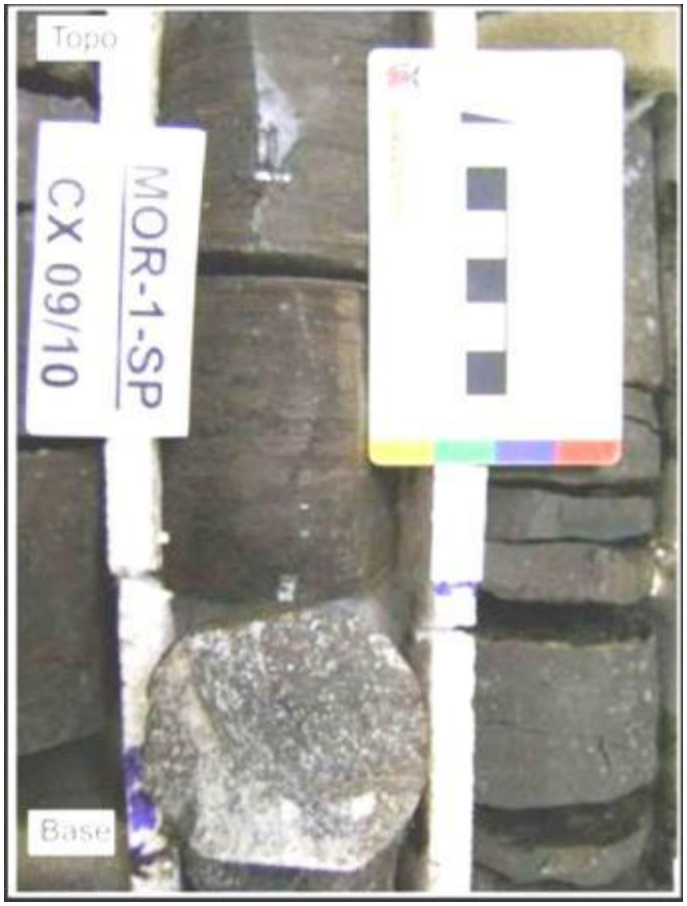

Figura 29 - Folhelho papiráceo com presença de ostracodes (Fácies Fp).

5.2.1.2 Caracterização Geoquímica

5.2.1.2.1 COT, S e RI.

Os teores de carbono orgânico total (COT) apresentam uma média de 9%, com pico mínimo de 2,71 % e um valor máximo anômalo de 31,10%. Os teores de enxofre (S) apresentam grande oscilação entre 0.4% e 1.6%, com média em torno de 1%, enquanto os teores de resíduo insolúvel (RI) variam entre 85% e 95% (Figura 25).

5.2.1.2.2 Pirólise

Com base no gráfico da Figura 30 A, constata-se que o índice de hidrogênio desta unidade varia entre 500 e 800, com teor médio de 593 mg HC/g COT, sendo a matéria orgânica classificada como do tipo I e predominantemente do tipo II. Analisando o gráfico de S2 versus COT (Figura 30 B), é possível notar que os teores de S2 são superiores a 30 mg HC/g Rocha, à exceção de uma amostra com valor em torno de 12 mg HC/g Rocha. A Unidade I apresenta valores médios de S2 de 56 mg HC/g Rocha (com mediana de 44 HC/g Rocha). Na Figura 30 B constata-se uma correlação linear positiva entre os teores de COT e os teores de S2, mostrando que quanto maior o teor de carbono orgânico maior é o potencial gerador, conforme previsto.

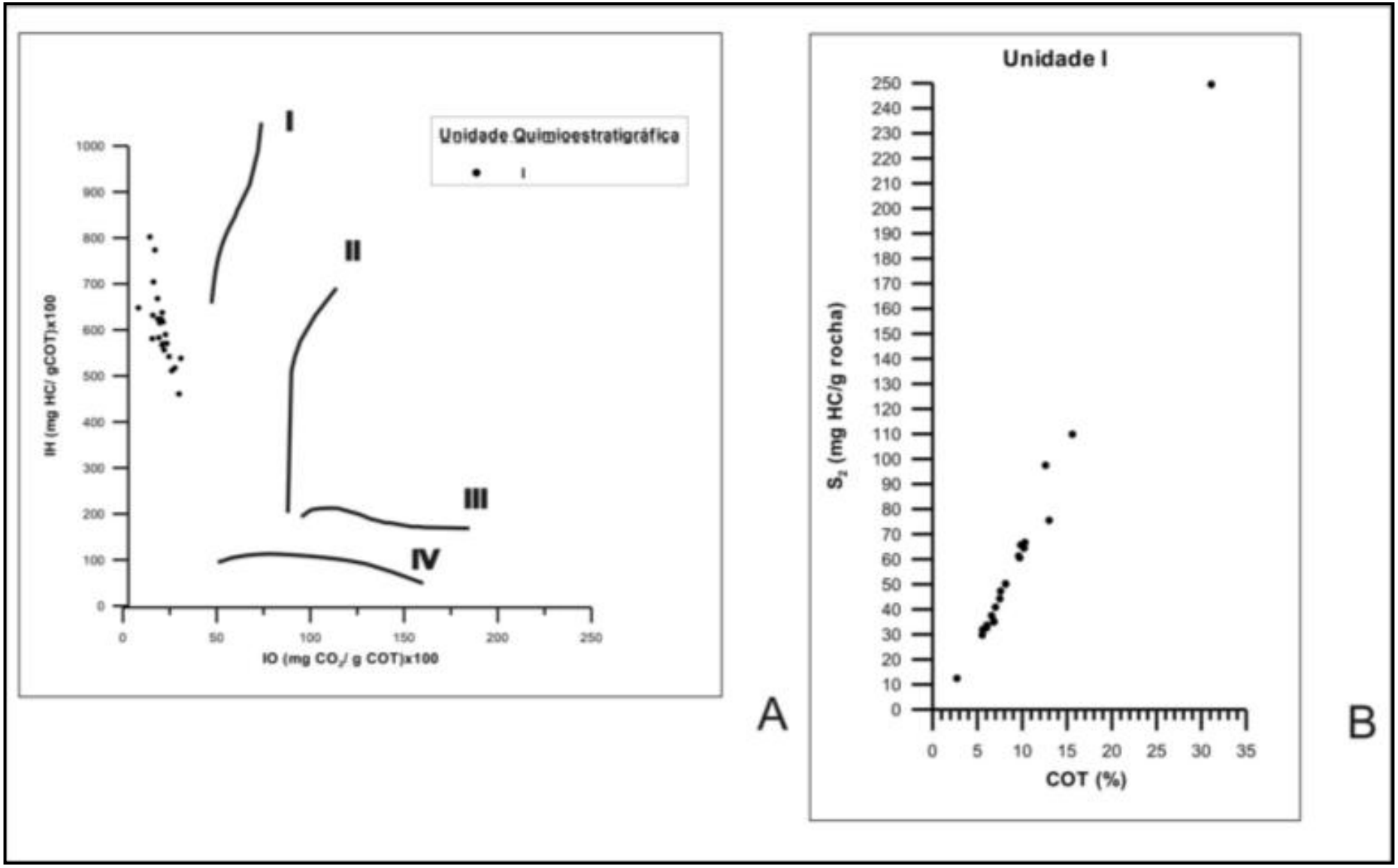

Figura 30 - A seção A mostra o diagrama de Van Krevelen e a seção B mostra o gráfico COT versus S2.

5.2.2 Unidade II

5.2.2.1 Caracterização Faciológica

A unidade é composta por argilitos esmectíticos (Fácies Aem) (Figura 31). Localiza-se entre as profundidades de 40,30 metros e 44,25 metros. Apresenta espessura de 3,95 metros.

5.2.2.2 Caracterização Geoquímica

5.2.2.2.1 COT, S e RI.

Apresenta teores de COT e S muito baixos (teores máximos de, respectivamente, 0,33% e 1,04%). Os teores de RI, por sua vez, variam entre 69% e 90%, indicando intercalações entre camadas de folhelho e siltitos, com presença de material carbonático em alguns níveis, em geral na fácies Aem (Figura 25).

5.2.2.2.2 Pirólise

O índice de hidrogênio apresenta valores aproximados de100mg HC/g COT como mostra o gráfico de Van Krevelen (Figura 32 A), classificando a matéria orgânica como do tipo III. Analisando o gráfico de S2 versus COT (Figura 32 B), é possível notar que os teores de S2 encontram-se relativamente baixos quando comparados às demais unidades.

.

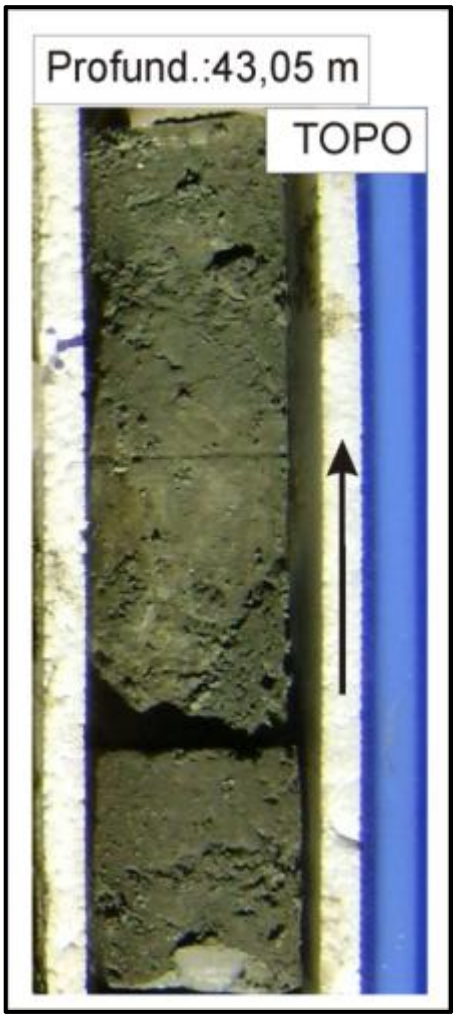

Figura 31 - Argilito esmectítico

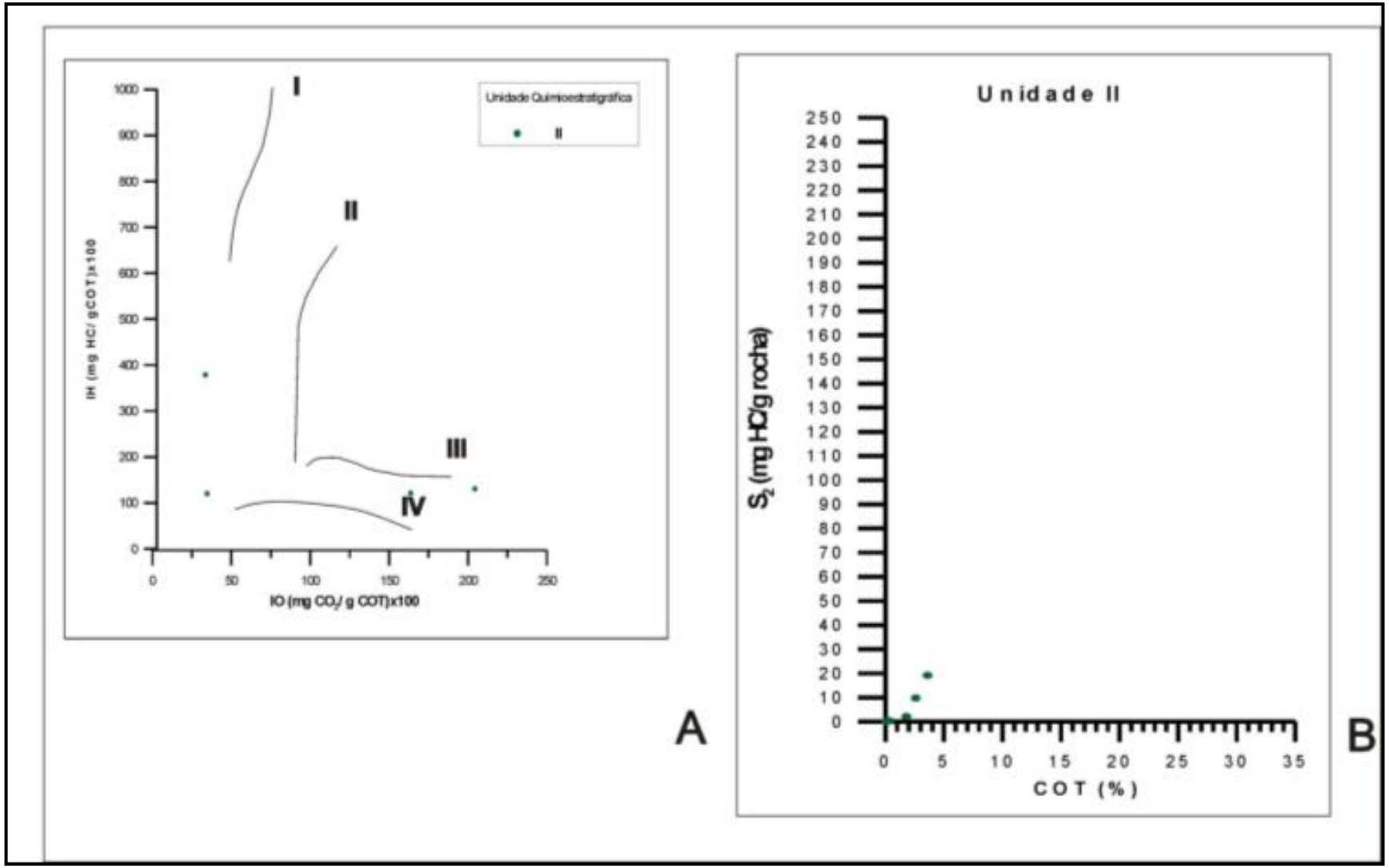

Figura 32 - Diagrama do tipo Van Krevelen (A) e gráfico COT versus S2 (B) (B.

5.2.3 Unidade III

5.2.3.1 Caracterização Faciológica

A litologia na unidade varia de folhelho argiloso, laminado, cinza esverdeado (Fácies Flv) (Figura 33), gradando para folhelho argiloso de cor cinza escuro, laminado com bioturbações (Fácies Flc), chegando a folhelho papiráceo com presença de ostracodes (Fácies Fp). Siltito, cinza claro, maciço (Fácies Scm) (Figura 34) é encontrado em sua base. Localiza-se entre as profundidades de 35,70 e 40,30 metros. Com espessura de 4,60 metros.

Figura 33 - Folhelho argiloso, laminado, cinza esverdeado (Fácies Flv). Notar micro fratura. Profundidade 36,30m.

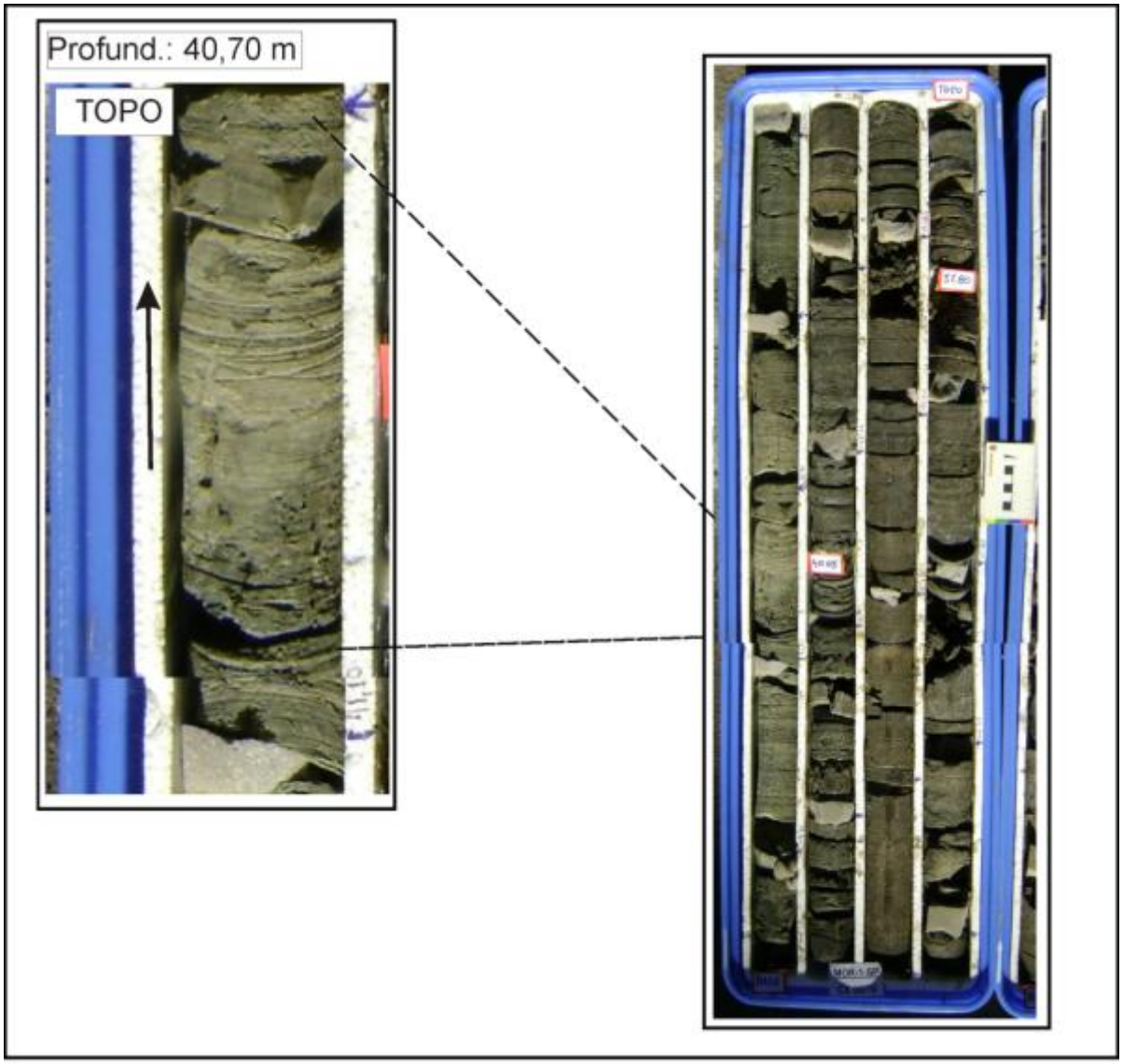

Figura 34 - Siltito, cinza claro, maciço (Fácies Scm)

5.2.3.2 Caracterização Geoquímica

5.2.3.2.1 COT, S e RI.

Apresenta uma tendência crescente dos teores de carbono orgânico para o topo, que variam de 3 a 16,20 %, apresentando média de 7%. Os teores de S oscilam bastante, apresentando teor mínimo de 0,2 e teor máximo de 1.62 %, com média em torno de 1%. Os teores de RI não apresentam oscilações significativas variando entre 85 e 90%, caracterizando camadas de folhelhos.

5.2.3.2.2 Pirólise

De acordo com a figura 35 A, o índice de hidrogênio varia de 500 a 770, com média de 629 mg HC/g COT, com a matéria orgânica podendo ser classificada como do tipo I e II.O gráfico de S2 versus COT (Figura 35 B) apresenta teores superiores a 10 chegando a 120 mg HC/ g Rocha. O valor médio de S2 na unidade situa-se em torno de 50 mg HC/ g Rocha. No gráfico da Figura 35 B observa-se uma excelente correlação direta entre S2 e COT.

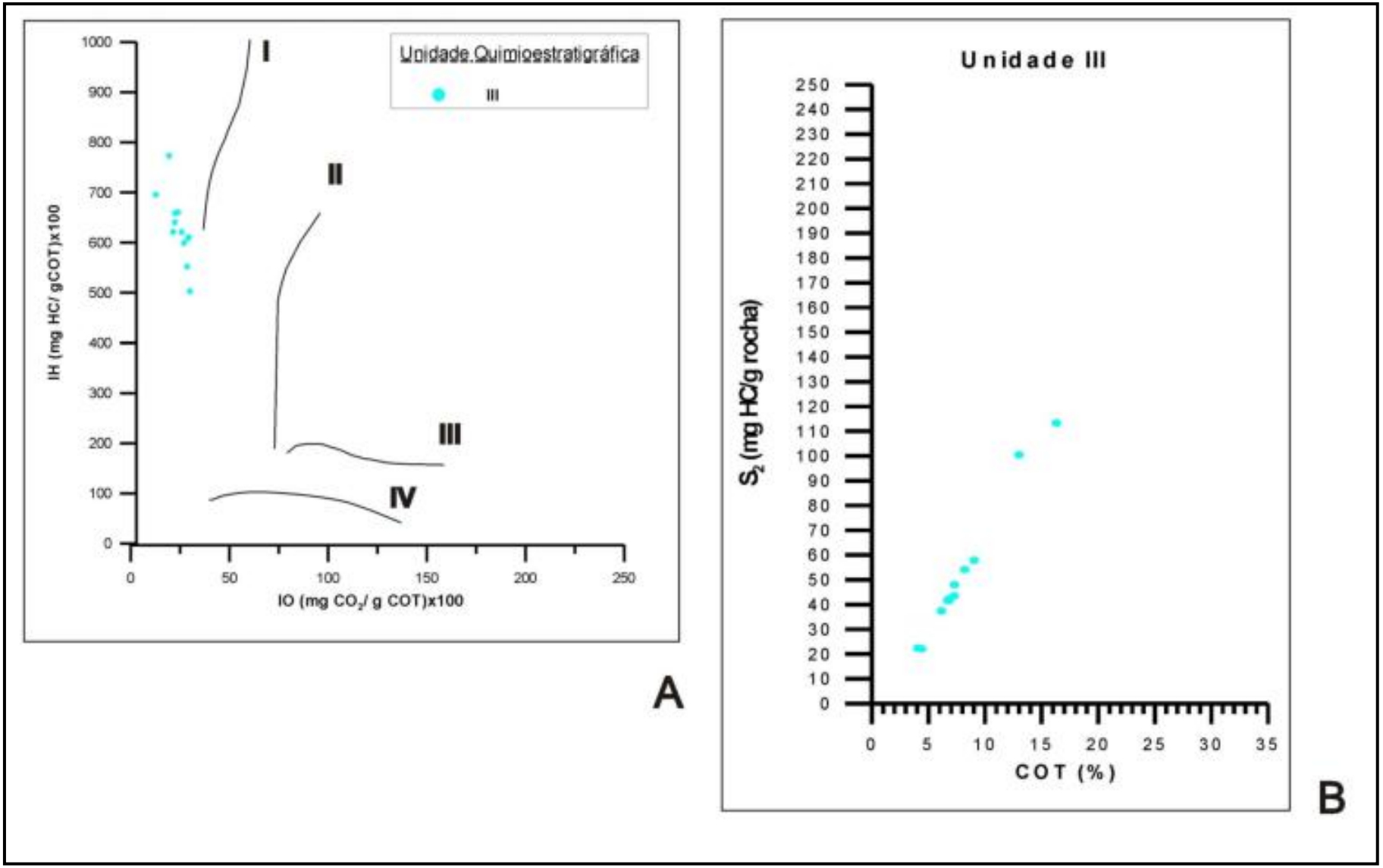

Figura 35 - A seção A mostra o diagrama de Van Krevelen e a seção B mostra o gráfico COT versus S2

5.2.4 Unidade IV

5.2.4.1 Caracterização Faciológica

A unidade IV é composta por argilas escmectíticas na base (Fácies Aem), gradando para folhelho argiloso, cinza, laminado (Fácies Flc); e para folhelho silto-argiloso cinza-esverdeado (Fácies Flv) com intercalações de camadas sílticas e presença de bioturbações no topo (Fácies Scm). Localiza-se entre as profundidades de 35,70 e 33,50 metros com espessura de 2,20 metros.

5.2.4.2 Caracterização Geoquímica

5.2.4.2.1 COT, S e RI.

Apresenta teores de COT muito baixos, variando de 0,3 a 0,9%, com média de 0,6%. Os teores de S em geral são baixos (inferiores a 1,33%), exceto no intervalo superior da unidade, onde atingem valores de até 1,2%. Os valores de RI estão ao redor de 90% (Figura 25).

5.2.4.2.2 Pirólise

O índice de hidrogênio apresenta teores baixos sendo plotados no campo da matéria orgânica do tipo IV de acordo com gráfico de Van Krevelen (Figura 36A). Analisando o gráfico de S2 versus COT (Figura 36B), é possível notar que os teores de S2 encontram-se muito baixos relativamente às demais unidades (mediana de S2 de 0,1 mg HC/ g Rocha.

.

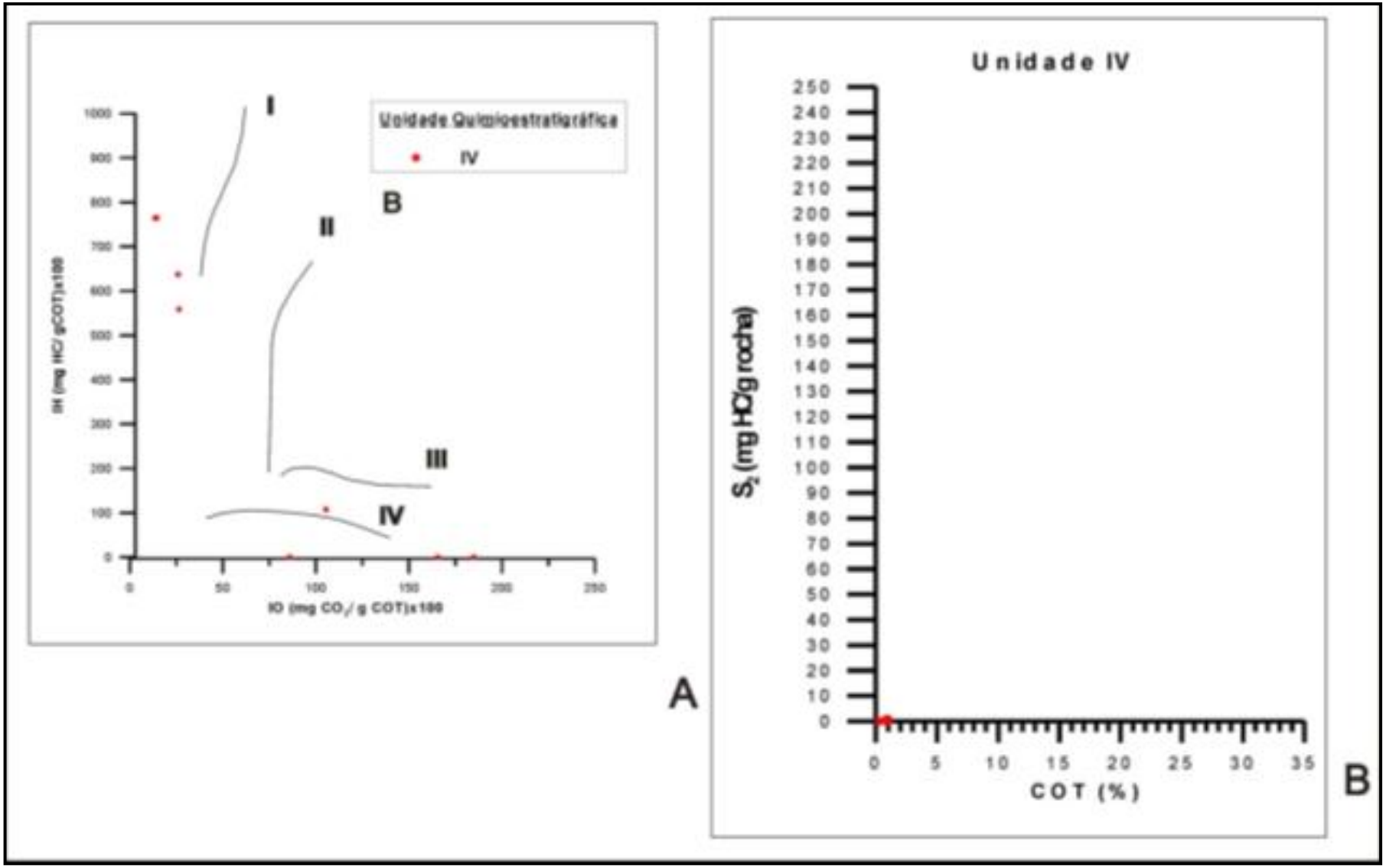

Figura 36 - A seção A mostra o diagrama de Van Krevelen e a seção B mostra o gráfico COT versus S2

5.2.5 Unidade V

5.2.5.1 Caracterização Faciológica

A unidade V é composta por folhelho argiloso, preto, laminado (Fácies Flp); argilitos esmectíticos maciça (Fácies Aem); folhelho argilo-siltoso, cinza esverdeado, laminado (Fácies Flv); folhelho papiráceo (Fácies Fp); folhelho síltico com injeções de material esverdeado (Fácies Fl (i)); (Figura 37) e folhelho síltico-argiloso com presença de bioturbações (Fácies Flc); (Figura 38). Localiza-se entre as profundidades de 23,84 e 33,50 metros com espessura de 9,66 metros.

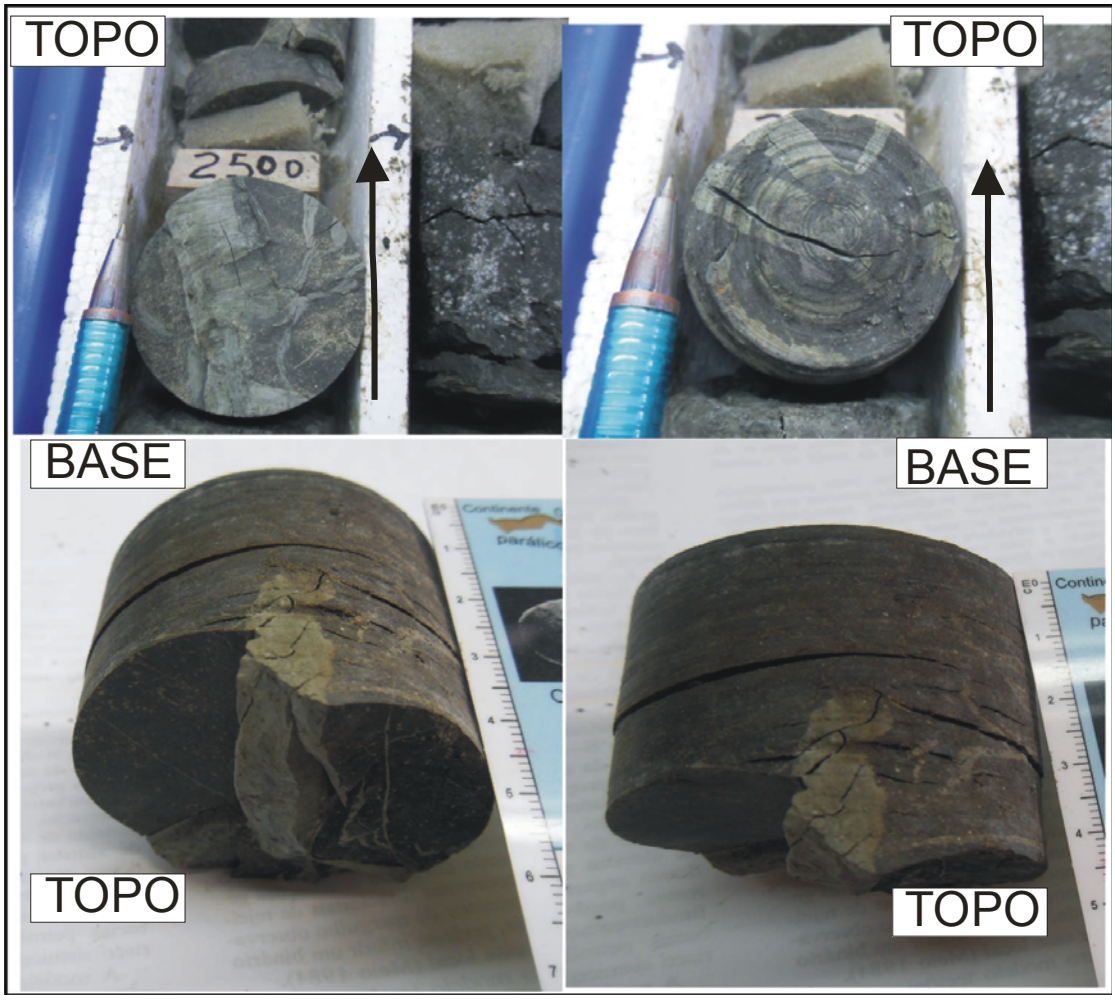

Figura 37 - Folhelho síltico com injeções de argila (Fácies Fl (i)).

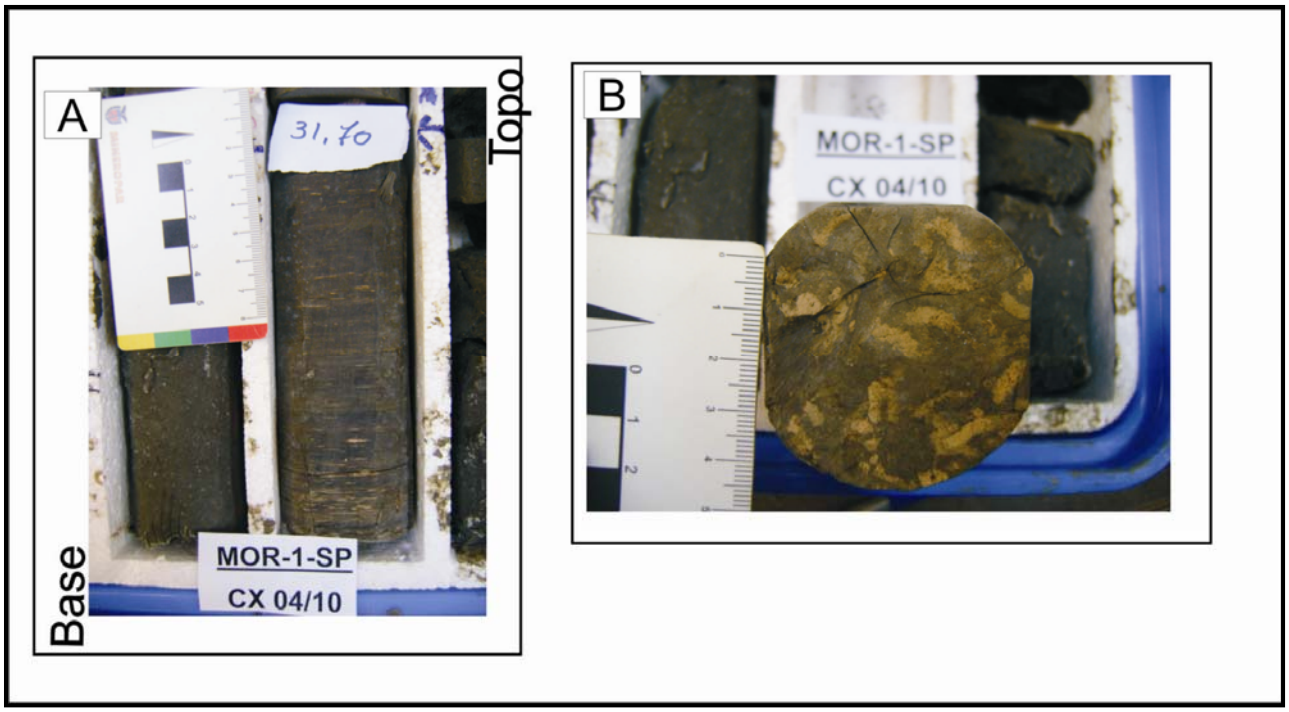

Figura 38 - Folhelho síltico argiloso com presença de bioturbações. Foto A em seção e foto B em planta.

5.2.5. 2 Caracterização Geoquímica

5.2.5.2.1- COT, S e RI.

A unidade V é composta por quatro ciclos de aumento crescente do COT em direção ao topo (Fig 6.2).Esta ciclicidade nos teores de COT estaria relacionadas às mudanças climáticas .O ciclo 1 apresenta crescente aumento do COT chegando ao valor máximo de 21,30%, com os teores de S chegando ao valor máximo de 1,6% e os teores de RI mantendo-se elevados com uma média de 90%. O ciclo 2 apresenta teores de COT em sua base por volta de 5%, que aumentam em direção ao topo, chegando a 15%. Os teores de S chegam ao valor máximo de 1,76% e os teores de RI mantêm-se com uma média de 90%. O ciclo 3 apresenta teores de COT chegando ao máximo de 21,3 %. Os teores de S chegam ao valor máximo de 0.94 e os teores de RI apresentam uma média de 90%. Já o ciclo 4 apresenta teores de COT com valor máximo de 18,3%. A média geral dos teores de COT da unidade V é de 10%. Os teores de S chegam ao valor máximo de 1,3% e os teores de RI mantêm uma média de 90% .

5.2.5.2.2 - Pirólise

O índice de hidrogênio apresenta-se muito disperso variando de 150 a 800 mg HC/g COT, com valores médios de cerca de 600 mg HC/g COT. O diagrama de Van Krevelen (Figura 39A) indica que a matéria orgânica da unidade é do I e II (uma única amostra sugere matéria do tipo III). Analisando o gráfico de S2 versus COT (Figura 39B), é possível notar que os teores de S2 exibem uma correlação direta com os teores de COT. O valor médio de S2 nessa unidade é de 73 mg HC/g Rocha.

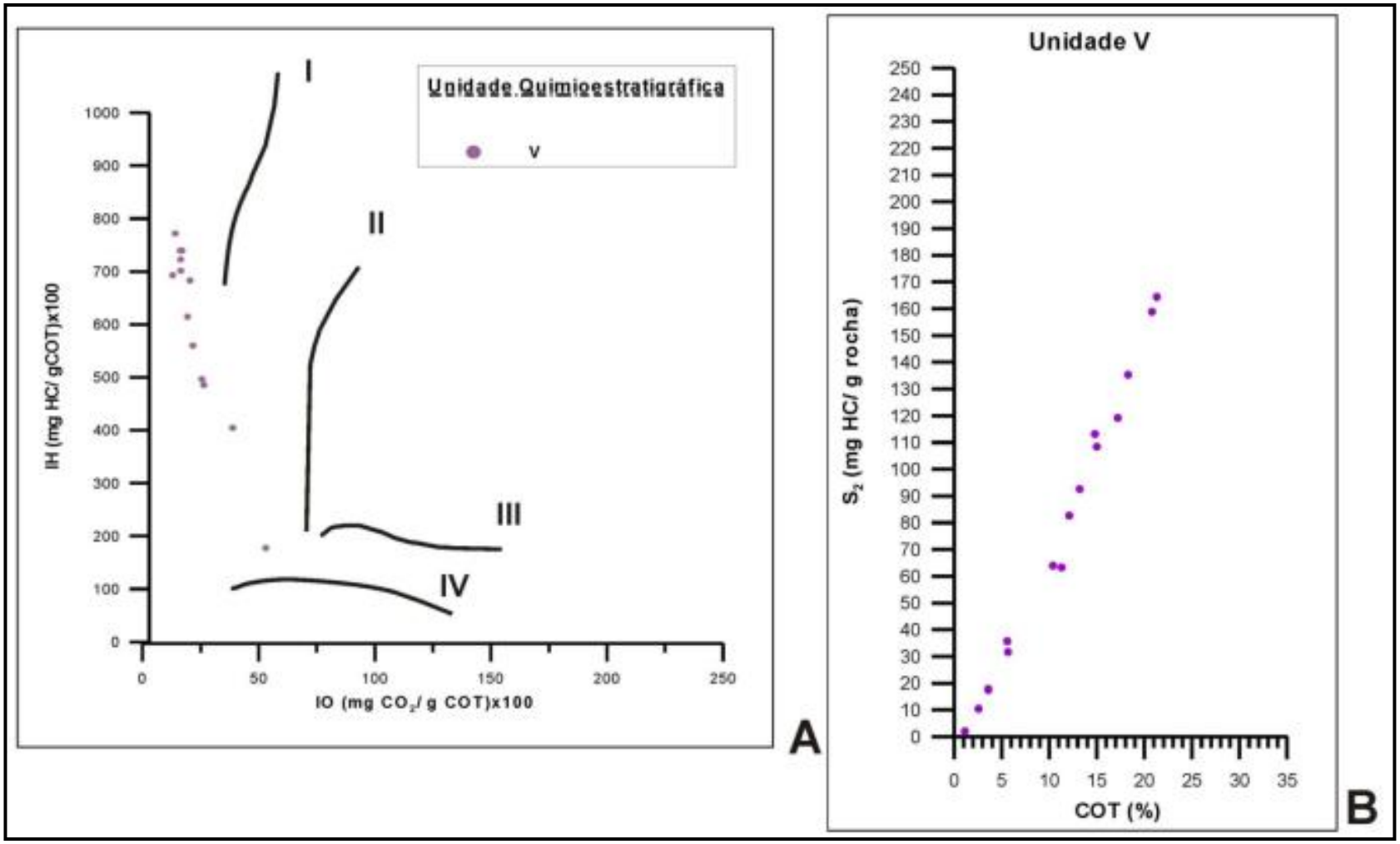

Figura 39 - A seção A mostra o diagrama de Van Krevelen e a seção B mostra o gráfico COT versus S2

5.2.6 Unidade VI

5.2.6.1 Caracterização Faciológica

A unidade VI é composta por folhelho silto-argiloso cinza (Fácies Flc) (Figuras 40 e 41); folhelho papiráceo, preto, laminado com presença de ostracodes (Fácies Fp) (Figura 42); folhelho argilo-siltoso, cinza-esverdeado, laminado (Fácies Flv), e folhelho argiloso, preto, laminado (Fácies Flp). Localiza-se entre as profundidades de 16,30 e 23,84 metros com espessura de 7,54 metros.

Figura 40 - Microfratura em folhelho síltico-argiloso, cinza, laminado (Fácies Flc). Profundidade de 17,80 metros.

Figura 41 - Folhelho silto-argiloso com fóssil vegetal (Fácies Flc). Profundidade de 20,65 m

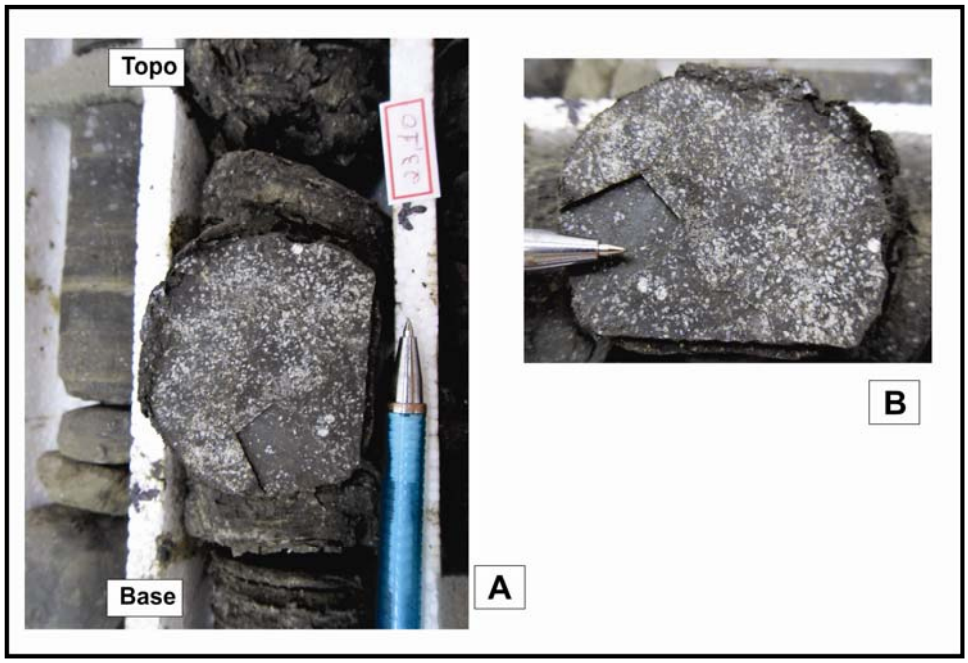

Figura 42 - Folhelho papiráceo, preto, laminado com presença de ostracodes (Fácies Fp)
Foto (A) vista geral da fácies, foto (B) detalhe mostrando os ostracodes. . Profundidade 23,10 metros.

5.2.6.2 Caracterização Geoquímica

5.2.6.2.1 COT, S e RI.

Os teores de COT variam de 5 a 28,3%, com valor médio da ordem de 15%. Os teores de S chegam ao valor máximo de 0.92%, enquanto que os valores de RI variam entre 85 e 90% (Figura 25).

5.2.6.2.2 Pirólise

O índice de hidrogênio apresenta valores entre 510 e 800 mg HC/g COT nessa unidade. O valor médio de IH é de 680 mg HC/g COT. A partir do gráfico de Van Krevelen (Figura 43A), nota-se que a unidade provavelmente é constituída predominantemente por matéria orgânica do tipo I. O gráfico de S2 versus COT mostra teores de S2 acima de 30, com valores médios da ordem de 110 mg HC/g Rocha, indicativo de um excelente potencial para essa unidade (o maior entre as unidades analisadas).

.

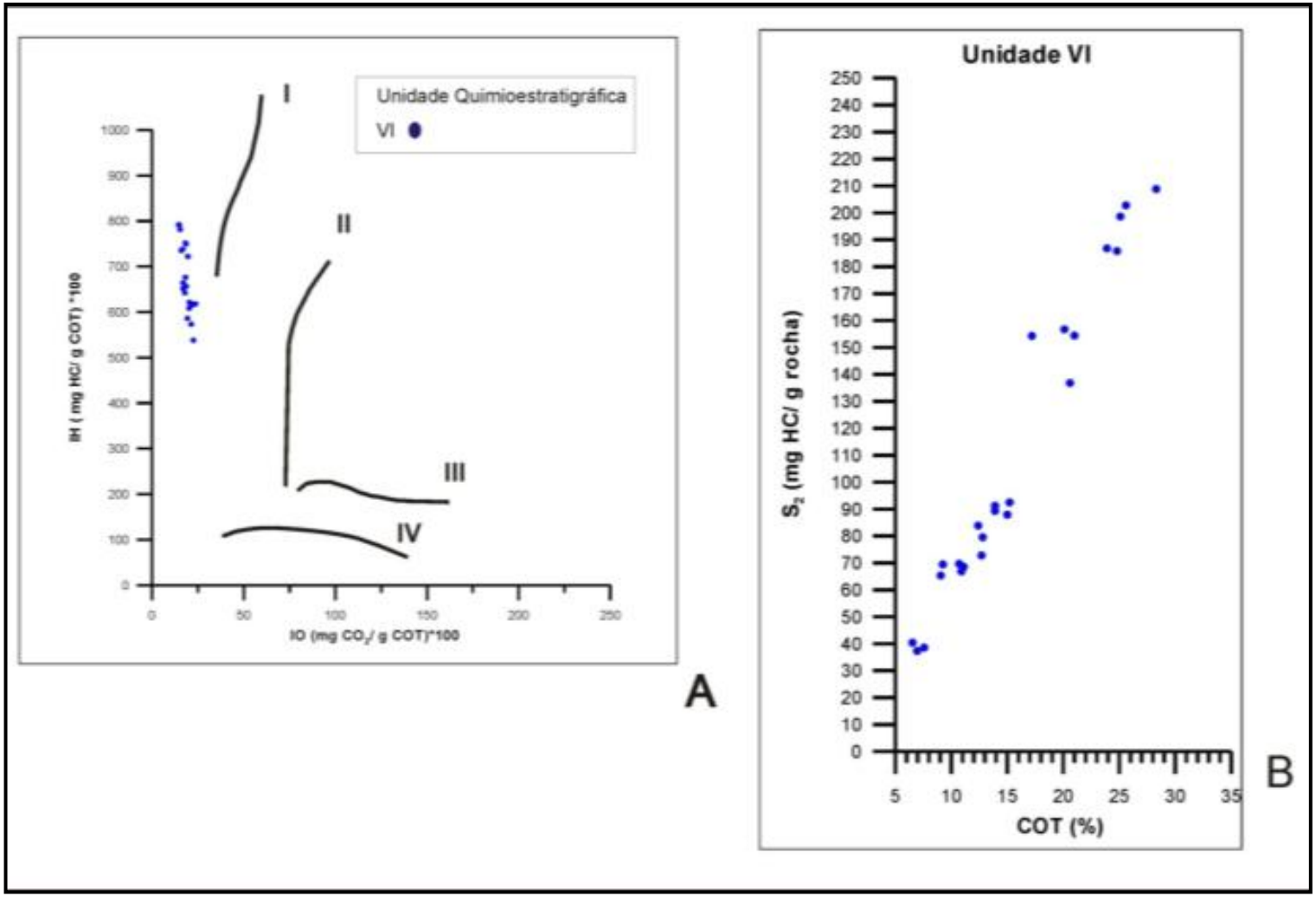

Figura 43 - A seção A mostra o diagrama de Van Krevelen e a seção B mostra o gráfico COT versus S2

6 CORRELAÇÃO COM POÇOS DE TRABALHOS ANTERIORES

Através da análise dos dados de COT e Pirólise do poço MOR-SP foi possível realizar a correlação com os poços TMB-SP (Freitas, 2007) e PND - SP (Pimentel, 2009) previamente perfurados pelo grupo de pesquisa da FGEL/UERJ.

Para tal correlação, foram tomados como pontos de amarração os folhelhos, que ocorrem com certa similaridade entre os três poços (Figura 44).

A Figura 45 mostra uma correlação feita entre os teores de COT referentes aos poços TMB-SP, PND-SP e MOR-SP. É possível notar que ocorre continuidade lateral entre seis unidades, que foram separadas por cores. A unidade VI (cor cinza) ocorre nos poços PND-SP e MOR-SP. Este intervalo não foi perfurado no poço TMB-SP. Sendo assim, a sua continuidade em direção a este poço não pode ser determinada. As unidades VII e VIII não apresentam continuidade nos poços MOR-SP e TMB-SP, estando presente apenas no poço PND-SP. O poço TMB-SP apresenta uma unidade basal, unidade A, que não foi encontrada nos dois poços correlatos. Acima situa-se a unidade B, que encontra-se com espessura maior quando comparadas aos poços PND-SP e MOR- SP.

Conforme pode ser observado na Figura 45, as unidades quimioestratigráficas apresentam certa tabularidade ao longo da seção que une os três poços discutidos. O mesmo padrão é observado com relação as unidade II e IV em particular, onde pequenas variações de espessura são notadas, mas a tendência geral é de tabularidade. Levando-se em conta a proposta de Torres-Ribeiro (2004) que interpreta os argilitos esmectíticos (Fácies Aem) como sendo gerados através de pedogenização decorrentes de quedas do nível base, constata-se que provavelmente a seção compreendida por esses poços situa-se em uma faixa mais periférica do paleolago, suscetível a oscilações da lâmina d'água e exposições esporádicas.

A Figura 43 mostra a relação do IH versus o COT. É possível perceber que conforme aumenta a quantidade de carbono orgânico o índice de hidrogênio na rocha também aumenta, revelando um excelente grau de preservação da matéria orgânica. Esta tendência ocorre nos três poços. Assim, através das análises de

pirólise Rock-Eval, foi possível fazer uma avaliação da qualidade da matéria orgânica, da sua preservação e evolução térmica e também do seu potencial gerador.

Podemos observar que os teores de S2 e de COT correlacionam-se positivamente, ou seja, à medida que aumenta o COT o potencial gerador (S2) também aumenta, formando uma função linear (Figura 47). Com exceção dos intervalos de argilitos esmectíticos (Fácies Aem) e siltitos (Fácies Scm), o potencial gerador (S_2) para o intervalo em estudo da Formação Tremembé é considerado como excelente, pois a maioria dos teores são maiores que 10 mg HC/g Rocha, sendo, em muito intervalos frequentemente superiores 50 (ou 100) mg HC/g Rocha. Os teores mais elevados de S2 estão associados aos teores de carbono orgânico total mais altos, exatamente onde estão localizadas as camadas de folhelhos betuminosos, particularmente aqueles das Fácies Fp, Flp e Flc.

Excetuando-se as unidades II e IV, nas demais unidades há um predomínio de matéria orgânica do Tipo I e II nos três poços analisados (Figura 48).

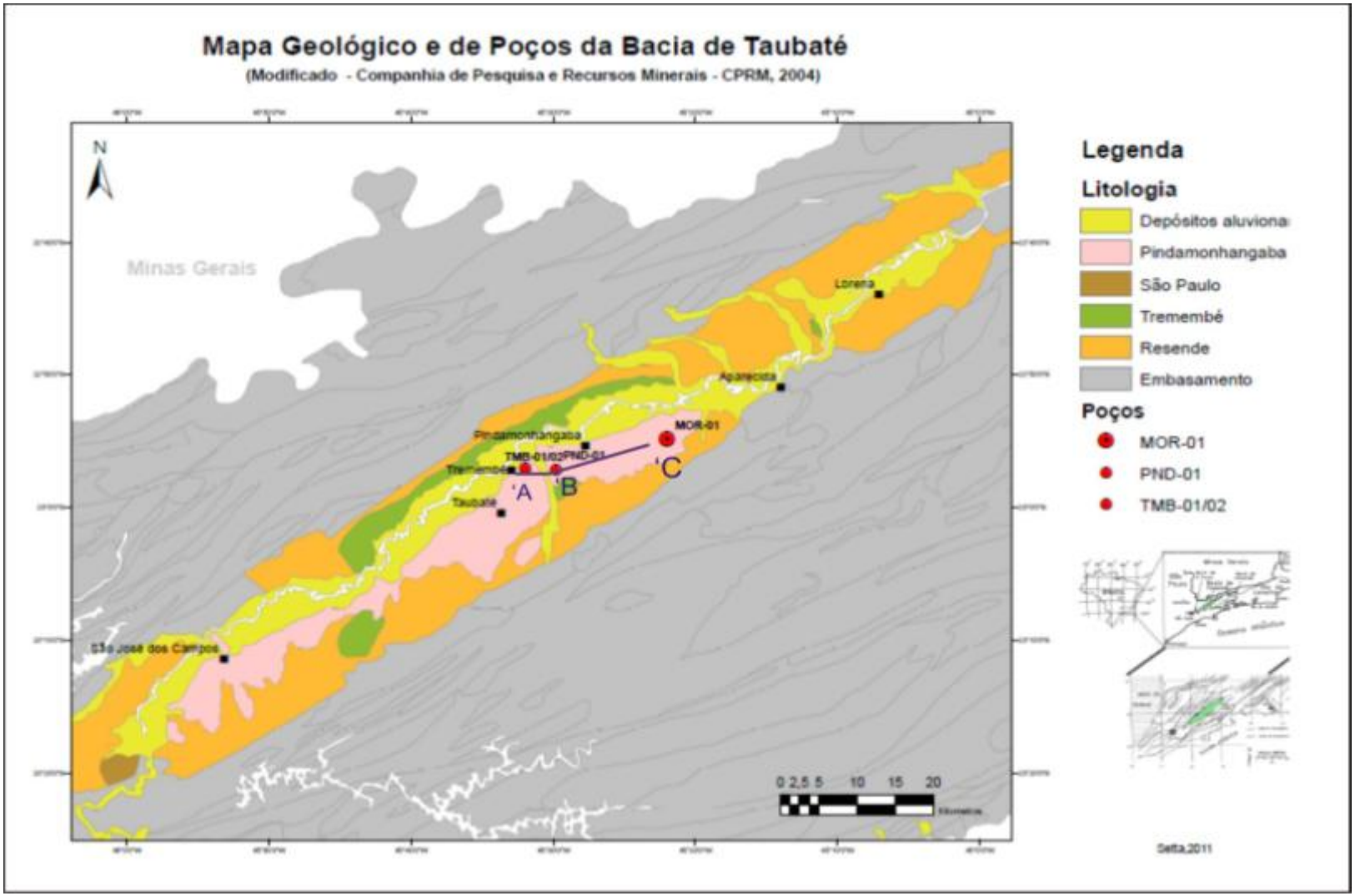

Figura 44 - Mapa de localização dos poços TMB-SP, PND - SP e MOR - SP.

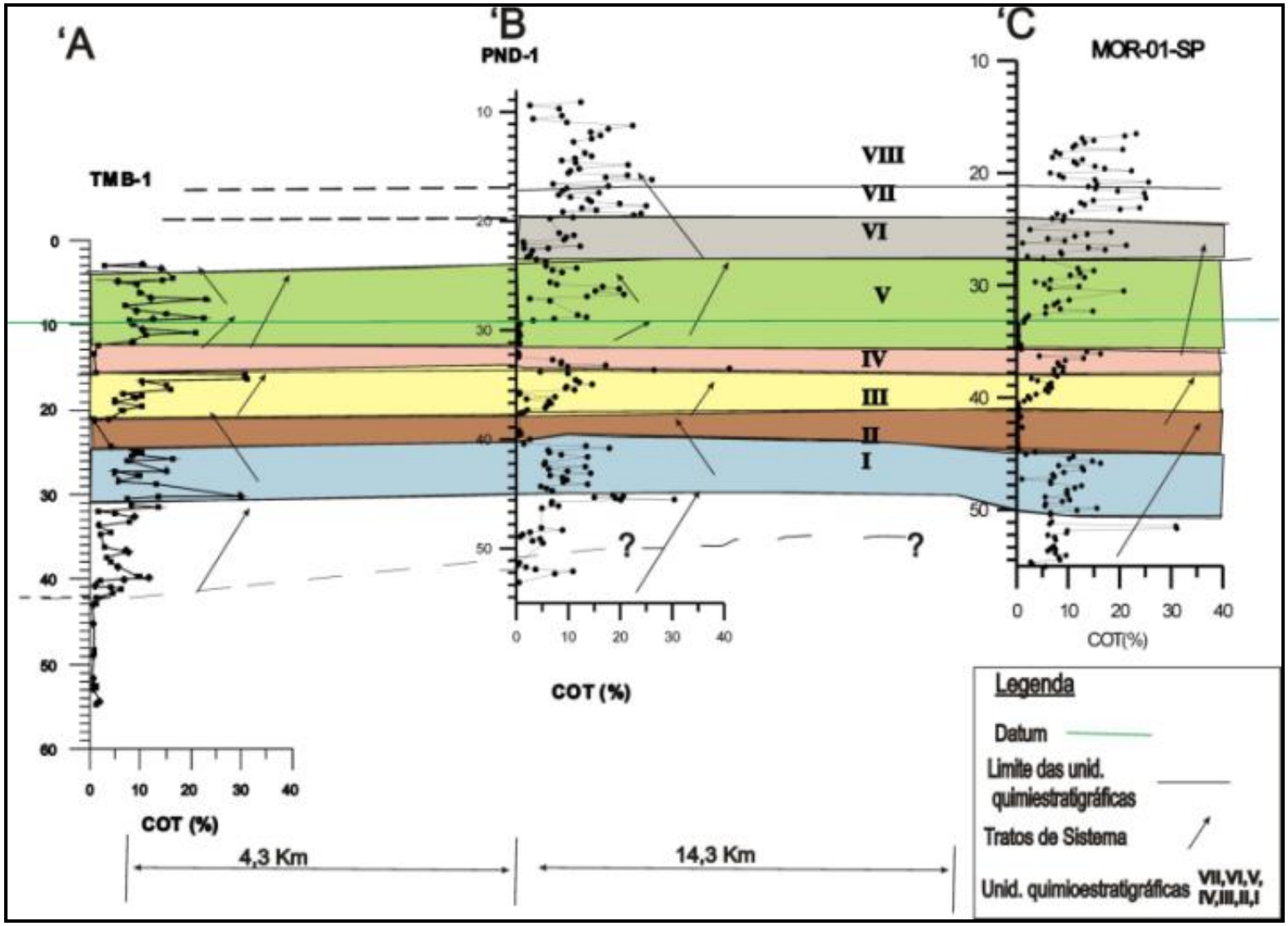

Figura 45 - Correlação geoquímica dos valores de COT entre os poços TMB-SP, PND-SP e MOR-SP.

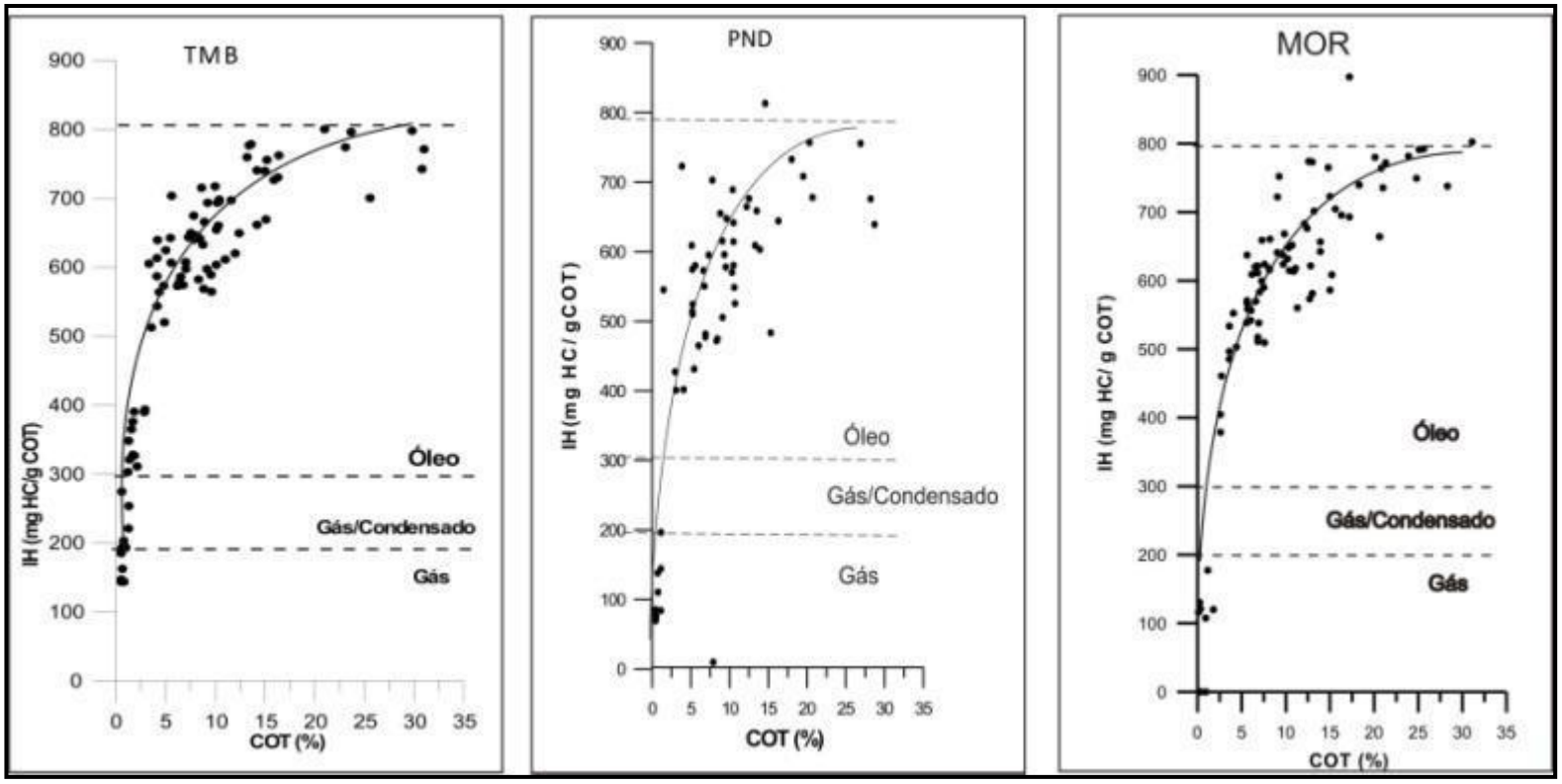

Figura 46 - Correlação entre os teores de IH versus COT nos poços TMB-SP, PND - SP e MOR - SP. Os dados do pirólise do Poço TMB-SP foram obtidos de Freitas (2007), enquanto que os dos poços PND - SP e MOR - SP foram gerados na presente pesquisa.

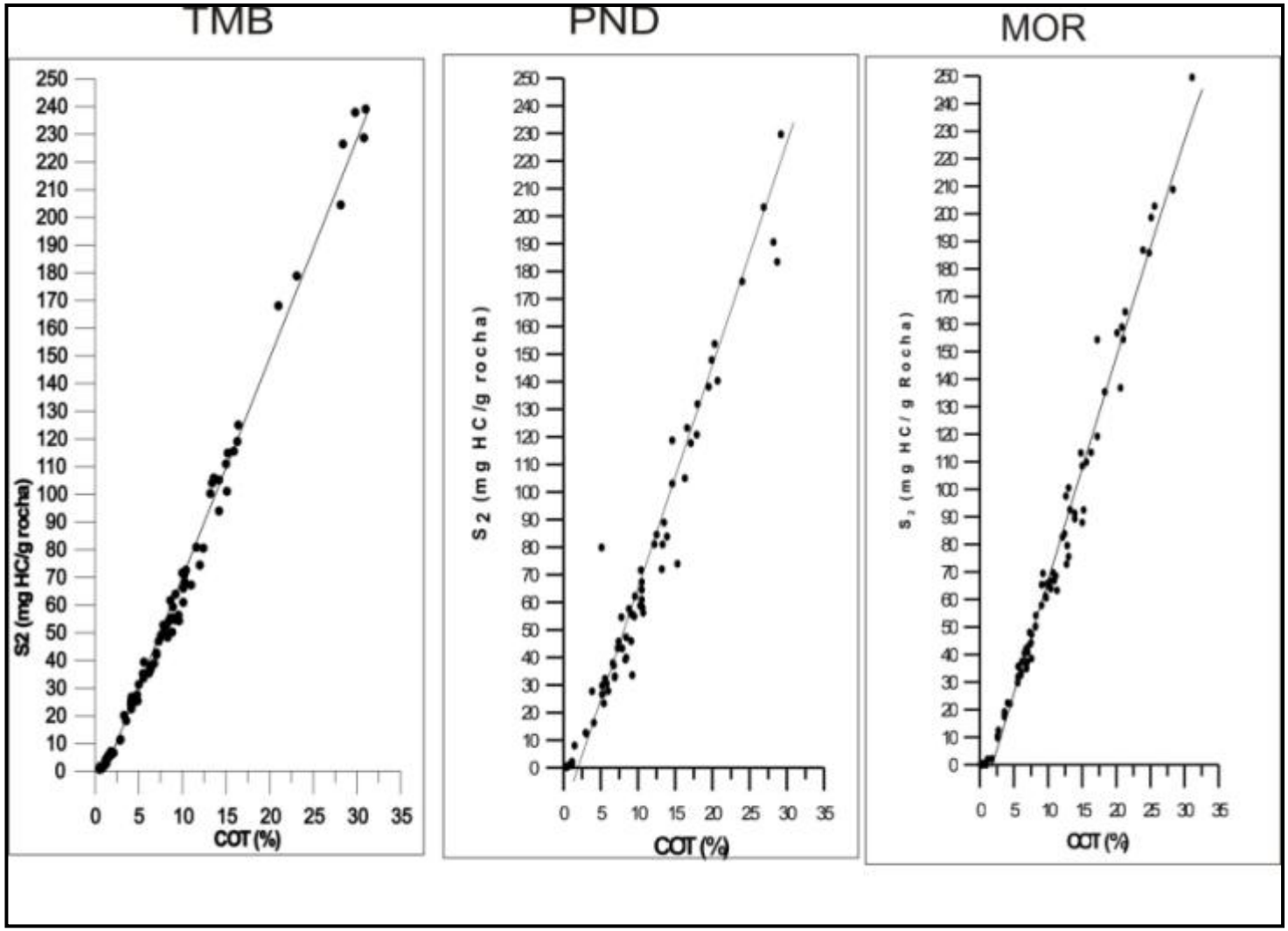

Figura 47 - Correlação entre os teores de S2 versus COT nos poços TMB-SP, PND - SP e MOR - SP.

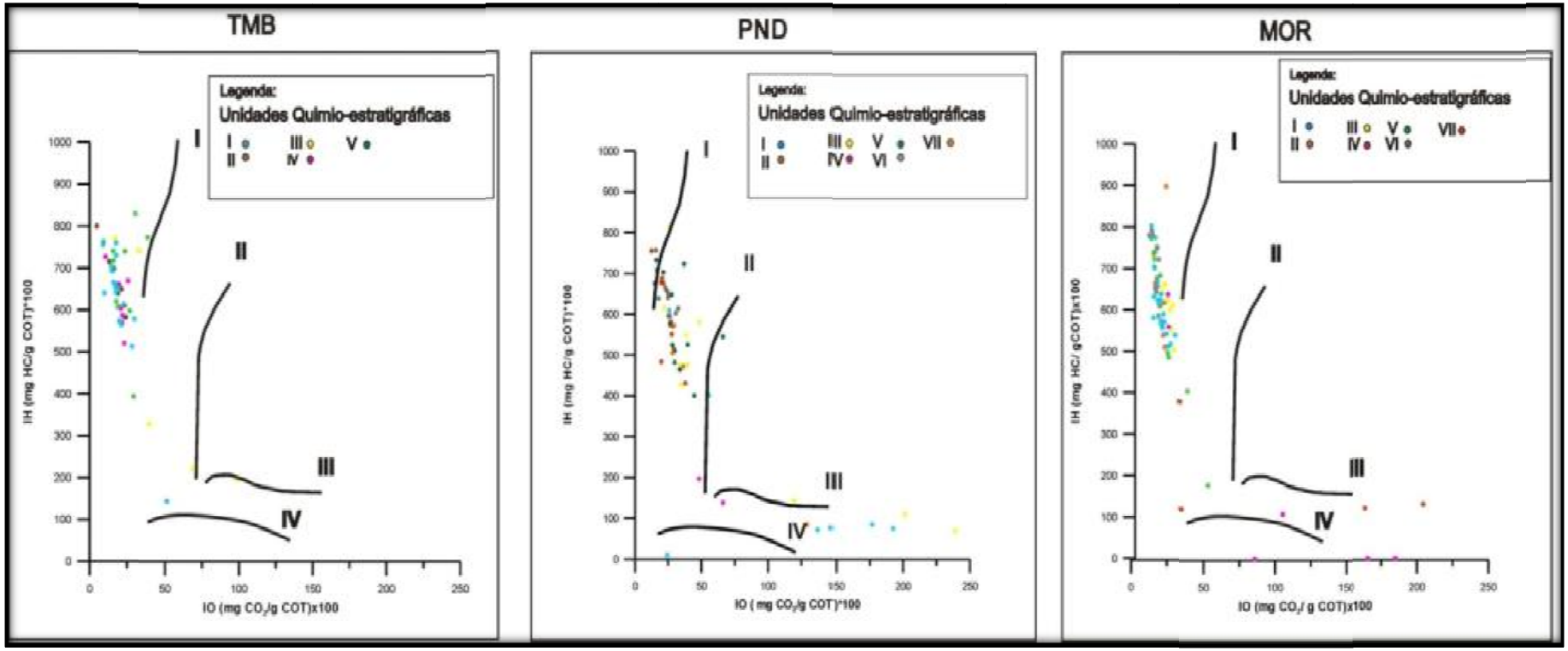

Figura 48 - Diagramas de Van Krevelen mostrando a distribuição dos tipos de matéria orgânica pelas unidades quimioestratigráficas nos poços TMB-SP, PND - SP e MOR - SP.

7. ANÁLISE DO VOLUME RECUPERÁVEL DE ÓLEO.

Considerando-se a subdivisão em unidades quimioestratigráficas anteriormente apresentada e os dados geoquímicos obtidos, é possível propor um cálculo do volume de óleo recuperável para o possível aproveitamento industrial, tomando-se como referência uma área em torno do poço MOR - SP. Nesse cálculo considerou-se o volume de óleo que poderia ser potencialmente recuperado em uma área de 1 km^2.

O cálculo de estimativa de ton HC/km2 para cada unidade quimioestratigráfica foi realizado com base no método adotado por Araújo et al 2000 (pág.381) (Tabela 2). Para tal cálculo, foi obtida a mediana dos teores de S_1 e S_2, que posteriormente foram somados para obter a massa dos hidrocarbonetos produzidos (ΔSp). A partir desta etapa, realizou-se o cálculo da produção de hidrocarbonetos por unidade de área, descrito na equação1.

$$\Delta Sp/Km2 = \Delta Sp \times h \times D \times A \ (tonHC/Km^2) \qquad (1)$$

Na qual:

$\Delta Sp = S_1 + S_2$ (Kg HC/ton rocha)

h= espessura

D= densidade

A= área

Uma vez que não dispomos dos dados de densidade dos folhelhos da Formação Tremembé, utilizamos como análogos folhelhos da Formação Green River, do Eoceno dos EUA, que têm sido analisados intensamente pelo Serviço Geológico Americano (USGS). Nesse sentido, para o cálculo de densidade em função do rendimento, utilizou-se o gráfico extraído de Mercier et al (2011) (Figura 6.26), o qual mostra a relação do rendimento de óleo (GPT – galões por tonelada) versus a densidade específica do folhelho da Formação Green River. No caso do folhelho Tremembé, para cada unidade quimioestratigráfica calculou-se a mediana

do S_1 e S_2. A soma desses valores (ΔSp) foi convertida de Kg HC/Ton rocha para galões/Ton, utilizando-se o fator de conversão 0,330215. Aplicando-se no gráfico da Figura 49 os dados de rendimentos (ΔSp) das diferentes unidades quimioestatigráficas analisadas, obtém-se os respectivos valores de densidade, os quais variaram entre 2,1 a 2,8.

Tabela 2 - Estimativa do volume de óleo por unidade do poço MOR-SP.

	Unid. VI	Unid. V	Uni. IV	Unid. III	Unida II	Unid. I	Total
ton/km^2	1.466.228	1.797.919	0	476.928	4.921	852.840	
m^3/km^2	1.832.785	2.247.399	0	556.160	6.151,25	1.066.050	
Barris	11.546.548	14.158.613	0	3.755.808	38752,8	6.716.115	36.177.084
Densidade	2,1	2,2	0	2,4	2,8	2,3	
Mediana do S_1	4	2	0	1	0,07	1,4	
Mediana do S_2	88,6	82,6	0	42,2	0,3	50,1	
Somatório	92,6	84,6	0	43,2	0,37	51,5	
Espessura (m)	7,54	9,66	2,20	4,60	4,75	7,20	

Na conversão de tonelada de hidrocarboneto para m^3 de hidrocarboneto, foi utilizado o seguinte fator: t = m^3 x D (onde D é a densidade média do óleo, assumida como sendo 0,8). Na conversão de m3 para barril de óleo foi utilizado o seguinte fator de conversão: 1m^3 = 6,28944 barris de óleo (Fonte: Revista TN Petróleo online, acessível em <http://www.tnpetroleo.com.br/pdfs/tab_conver_petro_gas_sda.pdf>).

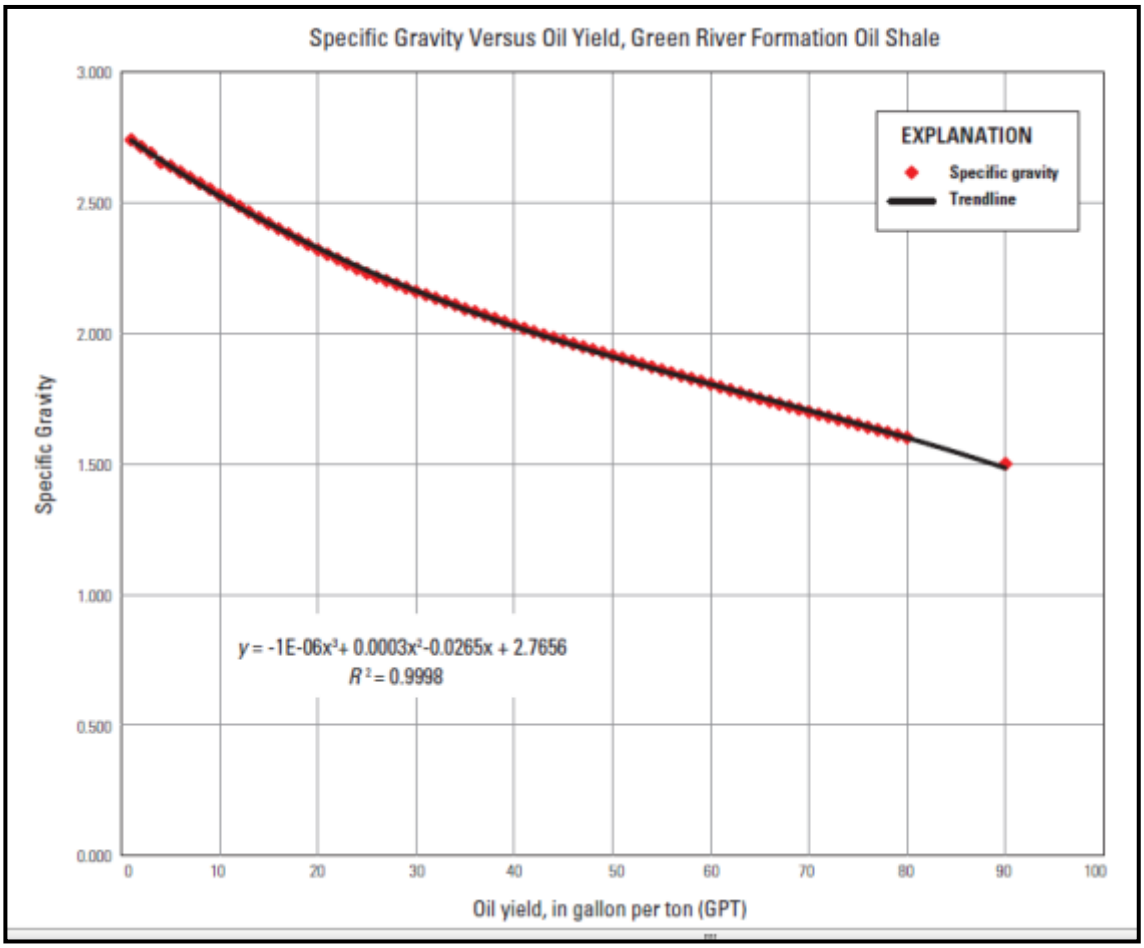

Figura 49 - Gráfico mostrando a relação entre o rendimento de óleo e a densidade dos folhelhos da Formação Green River (MERCIER et al 2011). A relação entre densidade e o rendimento de óleo existe, pois, ambos variam de acordo com a concentração da matéria orgânica. O aumento da concentração de matéria orgânica irá causar uma diminuição nos valores de densidade.

Analisando a tabela 2 é possível notar que a unidade V apresentou o maior valor de ton/km^2, seguida pelas unidades VI, I e III. As unidades II e IV não foram consideradas de muita importância pelo fato de apresentarem teores médios de COT e S_2 pouco favoráveis quando comparados aos das demais unidades (tabela 3).

Realizando a soma da quantidade de barris possivelmente recuperáveis das unidades VI, V, III e I, as quais envolvem uma seção de folhelhos com 29 m de espessura, obtêm-se um volume de total de 36.177.084,00 barris por km^2, ou seja, em média, cerca de 1,24 milhões de barris a cada 1 m de espessura de folhelho.

Tabela 3: Média dos teores de IH, COT, S e S_2 por unidade.

VI		V		IV		III		II		I	
IH	680	IH	619	IH	27	IH	629	IH	122	IH	593
COT	16	COT	10	%C	0,6	COT	7	COT	1	COT	9
%S	1	%S	1	%S	0,6	%S	1	%S	0	%S	1
S2	110	S2	73	S2	0	S2	50	S2	6	S2	56

Utilizando-se os mesmos critérios descritos acima, calculou-se o volume recuperável de óleo para essas mesmas unidades nos poços TMB-SP (Tabela 4) e PND-SP (Tabela 5). Deve ser destacado que no poço TMB-SP a unidade VI não está presente, pois este poço iniciou-se em nível estratigráfico inferior aos demais. Considerando-se as unidades V, III e I presentes em todos os poços verifica-se que os poços MOR-SP, PND-SP e TMB-SP apresentam rendimentos acumulados nessas três unidades de cerca de 24.6, 25.9 e 17.3 milhões de barris por km^2, respectivamente. Já a unidade VI apresenta um rendimento nos poços PND-SP e MOR-SP respectivamente de 13,0 e 11,5 milhões de barris por km^2.

Uma vez que a unidade VI não foi atravessada pelo poço TMB-SP, não podemos comparar plenamente o comportamento de todas as unidades no poços da seção. Considerando-se os poços PND-SP e MOR-SP onde as seis unidades estão presentes, a situação mais favorável em termos de aproveitamento econômico é a do poço MOR-SP, tendo como base o fato do alto rendimento das unidades V e VI, presentes em níveis muito próximos a superfície (capa de solo de 16 metros).

Vale ressaltar que a área compreendida entre Taubaté e Moreira César corresponde a uma área densamente urbanizada e industrializada, fato que exige em caso de aproveitamento econômico desses depósitos a identificação de áreas onde o impacto social e ambiental seja bem equacionado.

Tabela 4: Estimativa do volume de óleo por unidade do poço TMB-SP.

	Unid. V	Unid. III	Unid. I	Total
ton/km2	1.596.735	839.454	853.050	
m3/km2	1.995.918	1.049.317	1.066.312	
Barris	12.574.288	6.610.700	6.717.768	25.902.756
Densidade	2,25	2,3	2,35	
Mediana do S1	1,68	1	1	
Mediana do S2	72	65	54	
Somatório	73,68	66	55	
Espessura (m)	9,59	5,53	6,6	

Tabela 5: Estimativa do volume de óleo por unidade do poço PND-SP.

	Unid. VI	Unid. V	Uni. IV	Unid. III	Unida II	Unid. I	Total
ton/km2	1.648.504	830372,5	0	674.877,50	0	695.680,50	
m3/km2	2.060.630	1.037.966	0	843.596,80	0	869.601	
Barris	12.981.969	6.539.183	0	5.314.660,30	0	5.478.486,30	30.314.299
			0				
Densidade	2,2	2,5	0	2,3	0	2,4	
Mediana do S1	2,72	1,59	0	2,34	0	1,79	
Mediana do S2	82,47	33,19	0	58,16	0	47,34	
Somatório	85,19	34,78	0	60,50	0	49,13	
Espessura (m)	7,54	9,66	3,10	4,60	3,10	7,20	

8 **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Através dos resultados de análise faciológica, da análise dos valores de carbono orgânico total, enxofre total e resíduo insolúvel, bem como dos resultados de pirólise Rock-Eval, dos testemunhos dos pelitos da Fomração Tremembé, nas sondagens MOR - SP-SP e PND-SP podemos chegar a diversas conclusões:

- Nos teores de COT a quantidade de matéria orgânica observada está relacionada com a oxigenação da coluna d'água, uma vez que os valores elevados de carbono orgânico total também estão relacionados aos maiores valores de enxofre total, indicando condições de anoxia do ambiente de sedimentação lacustre.

- Dados geoquímicos foram a base para divisão da seção estudada em seis unidades quimioestratigráficas.

- Os dados de Pirólise Rock Eval apontam para um excelente potencial de geração para a maioria das unidades quimioestratigráficas caracterizadas. A exceção das unidades II e IV, cujos valores de S2 e IH são muito baixos, as demais unidades apresentam valores de S2 e IH bastante elevados. Em geral, os valores de S2 nas unidades I, III, V e VI estão frequentemente acima de 10 mm HC/g Rocha, apresentando valores médios de S2 respectivamente de 56, 50, 73 e 110 mm HC/g Rocha. Já os valores de IH médios obtidos nessas quatro unidades com maior potencial gerador foram, respectivamente, 593, 629, 619 e 680 mg HC/g COT.

- Os valores de Tmáx não ultrapassaram os 440°C, indicando que a matéria orgânica é termicamente pouca evoluída, e a janela de maturação não foi atingida.

- As variações proeminentes dos valores de carbono orgânico total e do índice de hidrogênio sugerem mudanças bruscas durante a deposição dos sedimentos lacustres da Formação Tremembé. O ambiente provavelmente passou

de redutor, quando tais valores são elevados, para um ambiente oxidante no caso em que os valores são baixos. Os folhelhos betuminosos são os que mais apresentam características de ambiente redutor, por apresentarem fina laminação, são papiráceos, apresentam coloração cinza escuro, possivelmente formados durante subida do nível d'água do lago.

- Através da utilização do diagrama tipo Van Krevelen, pôde-se constatar que a matéria orgânica desse intervalo da Formação Tremembé pode ser classificada predominantemente como dos tipos I e II, podendo ser preferencialmente caracterizada como sendo do tipo I, que é rica em hidrogênio e pobre em oxigênio, correspondendo ao melhor tipo de matéria orgânica para a geração de hidrocarbonetos líquidos e gasosos.

- Os dados obtidos neste trabalho foram comparados a trabalhos anteriores (poços PND - SP e TMB-SP) para efeito de correlação, que possibilitou a constatação da continuidade lateral das camadas.

- Analisando a média dos teores de COT, S, IH, S_2, as unidades VI e V foram consideradas as mais importantes do ponto de vista econômico, no que se relaciona à extração industrial de hidrocarbonetos, por apresentarem as médias mais elevadas desses parâmetros geoquímicos.

- Foram feitos cálculos do potencial gerador de cada unidade quimioestratigráfica para um possível aproveitamento industrial. Nesse cálculo considerou-se o volume de óleo que poderia ser potencialmente recuperado em uma área de 1km^2. A soma das medianas dos teores de S_1 e S_2 foi multiplicada pela espessura e densidade de cada unidade e a área. O valor em ton/km^2 foi achado e convertido para barris. Na área do poço MOR - SP, os volumes em barris obtidos a partir dos cálculos efetuados para uma área de 1 km^2 foram os seguintes: Unidade I = 6.700.000 barris de hidrocarbonetos; Unidade III = 3.750.000 barris de hidrocarbonetos; Unidade V = 14.160.000 barris de hidrocarbonetos; Unidade VI = 11.550.000 barris de hidrocarbonetos. Volume total, considerando-se o somatório dos volumes potencialmente recuperáveis das unidades I, III, V e VI = 36.100.000

barris de hidrocarbonetos, considerando-se uma espessura acumulada de 29 m nessas quatro unidades. Deve ser destacado que as unidades V e VI que apresentam as maiores reservas, são contíguas e estão mais próximas da superfície, apresentando uma espessura acumulada de cerca de 17 m, e uma capa de solo de cerca de 15 m de espessura na área do poço MOR-SP.

9 **CONCLUSÕES**

- Através dos dados de Pirólise pôde-se constatar que a matéria orgânica é de boa qualidade.
- A Fm. Tremembé apresenta um excelente potencial de geração para óleo.
- O cálculo do volume sugere que há grandes quantidades de barris de óleo.
- A quantidade de Carbono Orgânico (que é a matéria -prima do óleo) é elevada.

10 **RECOMENDAÇÕES**

A partir dos dados mostrados anteriormente recomenda-se estudos que visem a aplicação de tecnologias que busquem o aproveitamento industrial desta reserva.

REFERÊNCIAS

ALLEN,P.A.; COLLINSON,J.D. Lakes In: READING,H.G.(Ed).*Sedimentary Environments and Facies*. Oxford: Blackwell, 1986. p.63-94

ALMEIDA, F. F. M. *Origem e Evolução da Plataforma Brasileira*. Rio de Janeiro: DNPM, 1967. 36p. Boletim DGM/DNPM, 246

ALMEIDA, F. F. M. The System of Continental rifts Bordering the Santos Basin, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências,* v. 48, p. 15-26. 1976. Suplemento.

APPI, C. J., FREITAS, E. L. & CASTRO, J. C.,. *Faciologia e Estratigrafia da Bacia de Taubaté*. Rio de Janeiro: PETROBRAS, 1986. Comunicação Técnica. Relatório. Interno CENPES/PETROBRÁS .

ARAÚJO, L.M.; TRIGUIS, J.A.; CERQUEIRA, J.R.; FREITAS, L.C.da S. The atypical Permian Petroleum System of Paraná Basin, Brazil.In*:*. MELLO, M.R. ; KATZ, B.J. (Ed*.) Petroleum Systems of South Atlantic Margins.* Tulsa*:* AAPG*,* 2000. p.377-402. (AAPG Memoir 73).

AZEVEDO JUNIOR, M.F. *Integração entre o preenchimento sedimentar cenozóico das bacias de Campos e Santos e a evolução tectônica e geomorfológica das áreas continentais adjacentes.* 1991. 160 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto,1991.

BLAIR,T.C.; BILODEAU,W.L.,. Development of tectonic cyclotems in rifte,pull-apart, and foreland basins:sedimentary response to episodic tectonism. *Geology*, [S. l.], v. 16, p*.* 517-520. 1988

BLAIR,T.C. Tectonic and hidrologic controls on cyclic alluvial fan, fluvial, and lacustrine rift-basin sedimentation, Jurassic-Lowermost Cretaceous Todos Santos Formation, Chiapas, Mexico. *Jour.Sedimen.Petrol,* [S. l.], v 57, n. 5, p 845-862. 1987.

CABRAL JR, M; MOTTA, J.F.M; MELLO, I.S.C; TANNO, L.C; SINTONI,A; SALVADOR, E.D;CHIEREGATTI,L.A. 2001.Recursos Minerais do Fanerozóico do Estado de São Paulo., *Geociências,* São Paulo, v. *20,* n. 1, p. 105-159

CHANG, H. K., APPI, C. J., RICCOMINI, C., CASTRO, J. C., ARAI, M., FREITAS, E. L.; SANTOS NETO, F. V.,. Geologia da Bacia de Taubaté. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 1., 1989, Rio de Janeiro. *Boletim de Resumos*, Rio de Janeiro: SBG, 1989. p.10

CHIOSSI, D.S.N. *Estratigrafia de seqüências e condicionamento tectono-climático num rifte continental (Bacia de Sergipe-Alagoas).* 1997*.* 205 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

COHEN,A.S. Facies relationships and sedimentation in large rift lakes and implications for hydrocarbon exploration: examples from lakes Turcana and Tanganyika. *Palaeogeography, Paleoclimatology, Palaeocology,* Amsterdam, v. 70, p. 65-80.1989

SÃO PAULO (Estado). Departamento de Águas e Energia Elétrica. *Estudo de águas subterrâneas da Região Administrativa 3 (São José dos Campos e Faixa Litorânea), SP*. São Paulo: DAEE, 1977. 175 p.

DELLA FAVERA, J.C. *Fundamentos da Estratigrafia Moderna*. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2001. 263p

DEMAISON, G. J. & MOORE, G. T. Anoxic environments and oil source bed genesis. *Americam Association of Petroleum Geologists Bulletin,* Tulsa, v.64 .n 8, p. 1179-1209. 1980

DURAND, B. Sedimentary Organic Matter and Kerogen. Definition and quantitative importance of kerogen. In: DURAND, B. (Ed.). *Kerogen:* Insoluble Organic Matter from Sedimentary Rocks. Paris: Editions Technip, 1980, p.13-34.

EINSELE, G. *Sedimentary Basins:* Evolution, Fácies and Sediment Budget. Berlin: Springer-Verlag, 1992. 628p.

ESPISTALIÉ, J., DEROO, G., MARQUIS F. La pyrolyse Rock-Eval et ses applications première/deuxième partie. *Revue de l´Institute Français du Petrole,* Paris, v. 40, n. 56, p. 563-579, sept./oct. 1985.
ESTEVES, F.A., *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência.1988. 575 p.

FERNANDES, F. L. *Compartimentação Tectônica e Evolução da Bacia de Taubaté*. 1993. 145 p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1993.

FERNANDES, F.L.; CHANG, H.K. Modelagem gravimétrica da Bacia de Taubaté – Vale do Rio Paraíba do Sul, leste do Estado de São Paulo. *Revista. Brasileira. Geofísica*, Rio de Janeiro, v.19, n. 2, p. 131-144. 2001.

FERNANDES, F.L., CHANG, H.K. Arcabouço estrutural da Bacia de Taubaté - SP. In: SIMPÓSIO. NACIONAL. DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 9, 2003, Búzios. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TECTONICS. *Boletim de. Resumos*, Armação de Búzios, 2003. p. 367-370.

FRAZIER,D.E. *Depositional episodes*: their relationship to the quaternary stratigraphic framework in the nortwestern portion of the gulf basin.Texas*:* Bureau of Economic Geology, 1974. 28p. Geological Circular 74-1

FREITAS, M.S. *Estratigrafia de Alta Resolução e Geoquímica Orgânica da Formação Tremembé, Terciário da Bacia de Taubaté, Região de Taubaté – Tremembé - SP*. 2007. 80 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Geologia, Universidade do Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

FROSTICK, L.; REID, I.,. Is structure the main control of river dranaige and sedimentation in rifts? *Journal of Africa Earth Sciences ,* [S. l.], v.8, n. 2, p 165-182. 1989.

HÅKANSON, L.; JANSSON, M. *Principles of Lake Sedimentology*. New Jersey: The Blackburn Press, 2002. 316 p

HASUI, Y. & PONÇANO W.L. Organização estrutural e evolução da Bacia de Taubaté. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 30, 1978, Recife. *Anais*..., Recife: SBG, 1978. v. 1, p. 368-381.

HEILBRON, M.; MACHADO, N. Timing of terrane accretion in the Neoproterozoic-Eopaleozoic Ribeira orogen (SE Brazil). *Precambrian Res.,* [S.l.]. v. 125, p. 87-112. 2003

HEILBRON, M.; MOHRIAK, W.U.; VALERIANO C.M.; MILANI E.J.; ALMEIDA J.; TUPINAMBÁ M.. From collision to extension: the roots of the southeastern continental margin of Brazil. In: MOHRIAK, W.U.; TALWANI, M. (Ed.). *Atlantic rifts and continental margins.* Washington: AGU, 2000. p. 1-32. (Geophysical Monograph, 115).

HELLER,P.L., ANGEVINE,C.L.,WINSLOW,N.S.,PAOLA,C. Two-phase stratigraphic model of foreland-basin sequences. *Geology,* [S.l.]. v.16. p 501-504.1988.

KATZ, B.J. Factors controlling the development of lacustrine petroleum source rocks – an update. In: HUC, A.Y. (Ed.). *Paleogeography, Paleoclimate and Source Rocks.* Tulsa: AAPG, 1995. p. 61-80. American Association of Petroleum Geologists, Studies in Geology, n. 40.

KELTS, K. Environments of deposition of lacustrine source rocks: an introduction. In: FLEET, A.J.; KELTZ, K.; TALBOT, M.R. (Ed.). *Lacustrine petroleum source rocks*. London: 1988. p. 3-26. Geological Society Special Publication, n. 40.

LAMBIASE, J. J. A model for tectonic control of lacustrine stratigraphic sequences in continental rift basins. In: KATZ, B.J. (Ed.). *Lacustrine Basin Exploration:* Case Studies and Modern Analogs American. Tulsa: AAPG, 1990. p. 265-276. (Memoir, 50).

LIMA M.R., SALARD-CHEBOLDAEFF, M., SUGUIO, K., Étude palynologique de la Formation Tremembé, Tertiaire du Bassin de Taubaté (État de São Paulo, Brésil), d'apres lês echantillons du sondage nfl42 du CNR In: COLETÂNEA de trabalhos paleontológicos, Brasília, DNPM, 1985. p.379-393. (Série Geologia, 27, Seção Paleontologia e Estratigrafia, 2).

MAGNAVITA, L.P., SILVA, H.T.F. Rift Border System: The interplay Between Tectonics and Sedimentation in the Recôncavo Basin, Northeastern Brazil. *AAPG Bull*, v.79, n 11, p.1590-1607.1995

MARQUES, A. Evolução Tectono-Sedimentar e Perspectivas Exploratórias da Bacia de Taubaté, Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobrás,* São Paulo, v 4, n 3, p 253-262. 1990.

MELO M.S.de, RICCOMINI C., CAMPANHA G.A.C., MIOTO J.A., ALMEIDA F.F.M., HASUI Y., PONÇANO W.L., GIMENEZ A.F.. *Estudos geológico-tectônicos na Bacia de Resende (RJ) e sedimentos terciários da área de Volta Redonda (RJ) e Bacia de Taubaté (área de Cruzeiro, SP).*, São Paulo: IPT, 1983. 2 v.

MERCIER, J. T.; BROWNFIELD, M.E.; JOHNSON, R.C. 2011.Methodology for Calculating Oil Shale Resources for the Green River and Washakie Basins, Southwestern Wyoming. In: OIL Shale Resources of the Eocene Green River Formation,Greater Green River Basin, Wyoming, Colorado, and Utah, U.S. US Geological Survey.Geological Survey Digital Data Series DDS–69–DD. Disponível em em: <http://pubs.usgs.gov/dds/dds-069/dds-069-dd/REPORTS/69_DD_CH_2.pdf>

MEZZALIRA, S.. *Os Fósseis do Estado de São Paulo*. São Paulo: IGG, 1989. 155 p. (Série Pesquisa).

OLSEN,P.E. Tectonic, climatic and biotic modulation of ecosystems-examples from Newark Supergroup of eastern North America. In: KARTZ, B.J. (ed.). *Lacustrine Basin Exploration:* Case studies and modern analogs.Tulsa: AAPG, 1991. p.209-224. (Memoir 50).

PIMENTEL L.S. *Análise Quimioestratigráfica do Intervalo Pirobetuminoso da Formação Tremembé da Bacia de Taubaté –SP.* 2009. (Monografia) - Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

POSAMENTIER, H.W.; JERVEY, M.T.; VAIL, RR. 1988. Eustatic Controls on clastic deposition I - Conceptual framework. In: WIGUS, C.K.; HASTINGS, B.S.; St.C. KENDALL C.G.; POSAMENTIER, H.W.; ROSS, C.A.; VAN WAGONER, J.C. (Ed.), *Sea-Level Changes:* An Integrated Approach. Tulsa: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, 1988. p. 109–124. (Special Publication, v 42).

REEVES Jr., C. C. *Introduction to palaeolimnology.* Amsterdam: Elsevier, 1968. 228p. (Developments in sedimentology n. 11).

RICCOMINI, C. *O Rift Continental do Sudeste do Brasil.* 1989. 256 p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

RICCOMINI, C.; SANT'ANNA, L.G.; FERRARI, A.L. Evolução geológica do Rift Continental do Sudeste do Brasil. In: MANTESSO NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R.; BRITO NEVES, B.B.. (Org.). *Geologia do Continente Sul-Americano:* Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: .Beca, 2004, p. 383-405.

RODRIGUES, R.. *A geoquímica orgânica na bacia do Parnaíba*. 1995. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995

SAAD, A.R. *Potencial econômico da bacia de Taubaté (Cenozóico do Estado de São Paulo, Brasil) nas regiões de Jacareí, Taubaté, Tremembé e Pindamonhangaba.* Tese (Doutorado). 1991. 173 p. - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1991.

SANT'ANNA, L. G. *Geologia, mineralogia e gênese das esmectitas dos depósitos paleogênicos do Rift Continental do Sudeste do Brasil.* 1999. 293 p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

SCHOLZ, C.A.; MOORE, T.C.; HUTCHINSON, D.R.; GOLMSHTOK, A.J.; LITGORD, K.D.; KUROTCHKIN, A.G. Comparative sequence stratigraphy of low-latitude versus high-latitude lacustrine rift basins: seismic data examples from the East African Basins and Baikal rifts. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology,* Amsterdam, v. 140, p. 401-420. 1998.

SEVERIANO RIBEIRO, H. J. P.. *Sismo-estratigrafia e Arquitetura Deposicional da Bacia do Recôncavo, Bahia, Brasil.* 1991. 109 p. Tese (Doutorado) – IGCE, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 1991.

SILVEIRA, A. *Estratigrafia de Seqüências e Evolução Paleoambiental da Sucessão Permiana (Sakmariano-Eokazaniano) da Bacia do Paraná, entre Rio Pardo e Mariana Pimentel.* 2000. 140 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Unisinos, Porto Alegre, 2000.

TALBOT, M.R.; ALLEN, P.A. Lakes. In: H.G. READING. (Ed.). *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy.* London: Blackwell Science, 1996. p.83-124.

TISSOT, B.P.; WELTE, D.H.*Petroleum Formation and Ocurrence.* Berlin: Springer-Verlag, 1984. 699 p.

TORRES-RIBEIRO, M. *Fácies microclásticas de um sistema lacustre oligocênico do sudeste do Brasil (Formação Tremembé, bacia de Taubaté).* 2004. 122 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

WETZEL, R.G. *Limnology.* Philadelphia: Saunders College, 1983, 767p.

ZALÁN, P. V.; OLIVEIRA, J A. B. Origem e evolução estrutural do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil. *Boletim de. Geociências da Petrobrás*, v. 13, n. 2, p. 269-300. 2005.

ZALÁN, P. V. A Tectônica Transcorrente na Exploração de Petróleo: uma revisão. *Revista. Brasileira de. Geociência,* v. 16, p**.** 245-257.