

condizente com a ideia de Oliveira (2009). Além disso, a ausência do pico S<sub>2</sub> (potencial de geração) indica que toda a Formação Irati foi completamente senilizada, não havendo qualquer potencial para geração de hidrocarbonetos.

#### 5.4.3 Estratigrafia de Sequências

O conteúdo mineralógico presente nas rochas de uma bacia sedimentar pode ser levado em consideração para auxiliar interpretações relacionadas à Estratigrafia de Sequências. Entretanto, deve-se ter em mente que existem limitações quanto à empregabilidade de tal metodologia. Nesse cenário, a determinação de diferentes paragêneses tem como principal virtude a capacidade de detectar rupturas entre unidades sedimentares (discordâncias e paraconformidades), desde que estas sejam significativas em escala de bacia (ROCHA, 1993; LOPEZ-AGUAYO, 1990; MEGIAS, 1982; GONZÁLEZ LOPEZ, 1992).

A natureza detrítica e/ou autigênica de uma assembleia mineralógica carrega consigo fatores fundamentais no estabelecimento de sequências sedimentares, tais como tectonismo, eustasia, clima e aporte sedimentar. Entretanto, as possíveis variações em assembleias mineralógicas nem sempre serão concordantes com os elementos considerados fundamentais na Estratigrafia de Sequências, como as sequências sedimentares, os tratos de sistemas e as discordâncias. Isto se deve, principalmente, pelo fato de a Estratigrafia de Sequências ser uma ferramenta interpretativa que permite ao geólogo analisar o registro sedimentar sob diferentes modelos e perspectivas, de forma holística, desde que sejam respeitados os seus conceitos básicos.

A Formação Irati, por exemplo, já foi interpretada de diferentes maneiras por diferentes pesquisadores (LAVINA, 1991; PERINOTTO & GAMA JUNIOR, 1992;

MENEZES, 1994; HACHIRO, 1996; MILANI, 1997; ARAÚJO, 2001; LAGES, 2004; ROHN, 2007; HOLZ *et al.*, 2010; entre outros). A relativa complexidade da formação e a falta de situações similares na literatura geológica dão margem a muita discussão. Dessa forma, cada estudo apresenta particularidades quanto ao posicionamento estratigráfico das superfícies-chave.

Além disso, em bacias intracratônicas, uma sequência estratigráfica geralmente apresenta-se incompleta, quando comparada àquelas de margens continentais do tipo Atlântico, faltando o trato de sistemas de mar baixo (STRASSER *et al.*, 1999). A superfície transgressiva pode ocorrer diretamente sobre o limite de uma sequência. A superfície de inundação máxima nem sempre está desenvolvida, e geralmente as fácies mais profundas ou as marinhas mais abertas, ou ainda, as de menor taxa de sedimentação podem indicar o intervalo de inundação máxima (STRASSER *et al.*, 1999). Os limites de sequências de bacias intracratônicas, frequentemente, correspondem a uma superfície estendida por toda a bacia, porém bastante discreta, sem a formação de vales incisos. Nos empilhamentos agradacionais seria bastante problemático reconhecer as sequências, exceto quando há evidências de exposição subaérea (STRASSER *et al.*, 1999).

Apesar de não ser objetivo da atual tese explorar este assunto exaustivamente, a seguir será discutida a variação do conteúdo mineralógico da Formação Irati sob dois diferentes modelos de Estratigrafia de Sequências já difundidos na literatura. São eles, o modelo de Araújo (2001) e Rohn (2007).

#### 5.4.3.1 Modelo de Araújo (2001)

Neste modelo foi interpretado que a Formação Irati poderia ser subdividida em três sequências estratigráficas de 4ª ordem, que apresentariam exclusivamente os tratos de sistemas transgressivo, as superfícies de inundação máxima e os tratos de sistemas de mar alto (Figura 47). Os limites de uma sequência estariam sobrepostos por uma superfície transgressiva, que por sua vez seria seguida pela superfície de inundação máxima e, por fim, pelo trato de sistema de mar alto (ARAÚJO, 2001).

Araújo (2001) considerou que a dinâmica de empilhamento das litofácies carbonáticas e siliciclásticas foi praticamente contrária à normalmente interpretada para as plataformas mistas. A situação normal seria a sedimentação dos siliciclastos nas fases de mar baixo, e sedimentação carbonática nas fases transgressivas e de mar alto. No entanto, em seu modelo haveria mais siliciclastos (folhelhos normais e betuminosos) nas fases transgressivas e carbonatos nos períodos de mar alto. Este modelo leva em consideração a ocorrência de elementos sugestivos de exposição subaérea nos carbonatos, principalmente os localizados na base do Membro Assistência (ARAÚJO, 2001).

A Sequência Irati 1 (SI1) inicia-se no contato entre a Formação Palermo (sotoposta à Formação Irati) e o Membro Taquaral, estendendo-se por todo este membro e terminando logo acima do calcário brechado da base do Membro Assistência. O calcário brechado representa a progradação das fácies mais proximais aos sítios distais (ARAÚJO, 2001).

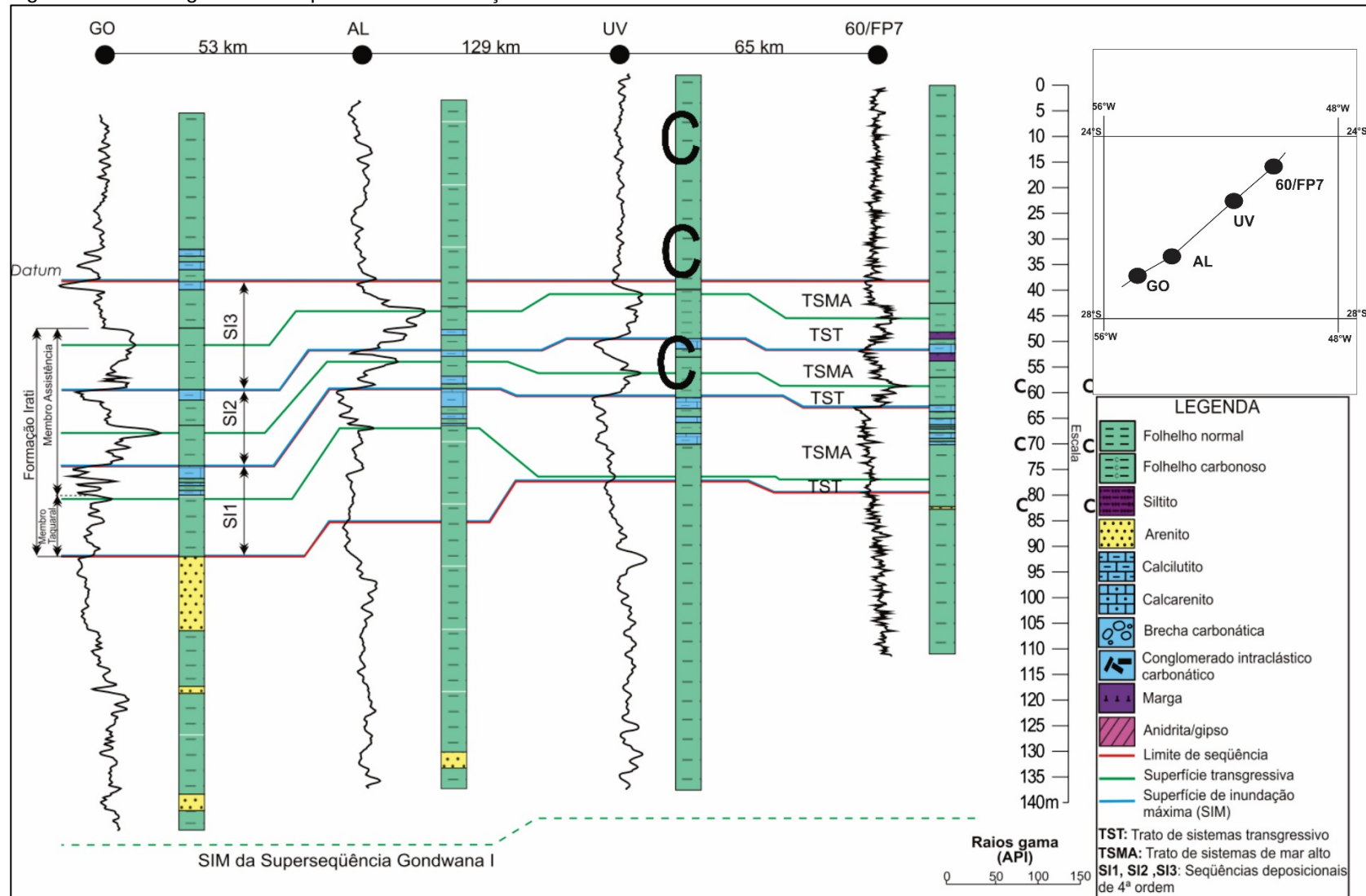
A Sequência 2 (SI2) apresenta a superfície de inundação máxima coincidindo com um pico de máxima radioatividade marcado no perfil de raios gama e altos valores de carbono orgânico total, associados à zona condensada. Mais acima ocorrem siliciclastos de granulometria fina com conteúdo de matéria orgânica relativamente menor, que são sobrepostos por carbonatos com recorrente aumento de carbono orgânico e, eventualmente, sobreposição por rochas siliciclásticas mais arenosas. O limite da Sequência 2 estaria logo acima dos carbonatos ou siliciclastos mais arenosos (ARAÚJO, 2001).

A Sequência 3 (SI3) apresenta a superfície de inundação máxima coincidente com folhelhos betuminosos com elevados teores de matéria orgânica e pico radioativo no perfil raios gama. Considerando que, em termos litoestratigráficos, o limite entre a Formação Irati e a Formação Serra Alta tem sido posicionado no topo da última camada de folhelho betuminoso, o topo da terceira sequência, correspondendo a um novo evento de inundação, que já estaria dentro da Formação Serra Alta (ARAÚJO, 2001).

Conforme discutido no item 5.4.1, a influência térmica da Formação Serra Geral, sobreposta a Formação Irati, influenciou na origem de minerais metamórficos, como talco, piroxênio e possivelmente a saponita. Dessa forma, o poço SP-58-PR

não será levado em consideração para a discussão a respeito da Estratigrafia de Sequências.

Figura 45 – Estratigrafia de Sequências da Formação Irati.



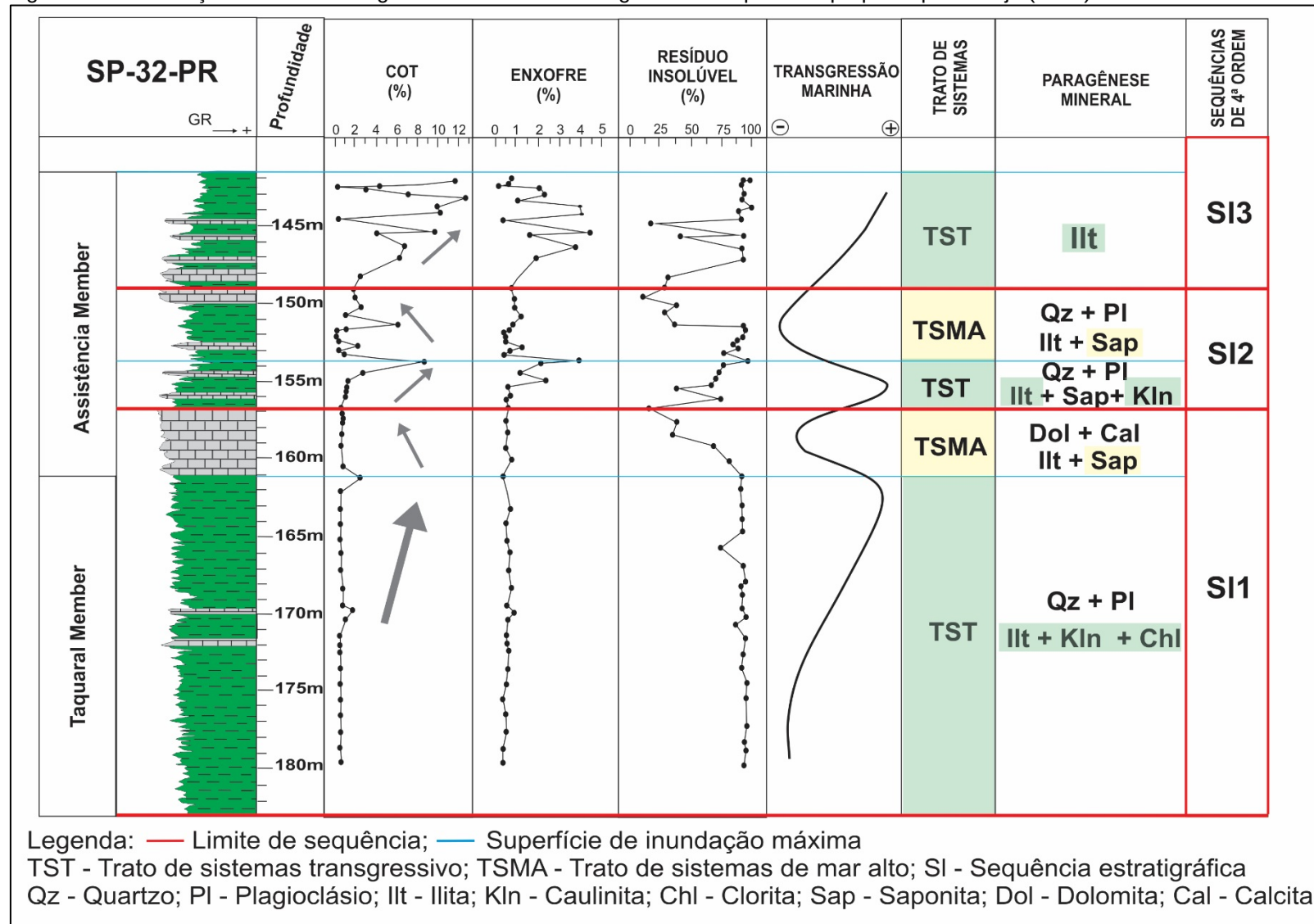
Fonte: Modificado de Araújo (2001).

Na Figura 48 correlaciona-se o conteúdo mineralógico da Formação Irati as três sequências sedimentares que compõem o modelo de Araújo no poço SP-32-PR. No contexto da Sequência 1 (SI1), a superfície de inundação máxima é o limite que separa diferentes assembléias mineralógicas. O trato de sistema transgressivo é marcado pela paragênese Quartzo + Plagioclásio + Ilita + Clorita + Caulinita, enquanto que no trato de sistema de mar alto encontra-se Dolomita + Calcita + Saponita + Ilita. A ocorrência de Ilita + Clorita + Caulinita no trato de sistema transgressivo evidencia uma maior contribuição da área fonte, em um contexto de intemperismo químico, onde a presença de caulinita sugere um clima quente e úmido. Já no trato de sistema de mar alto, predomina o caráter químico da saponita e a contribuição da área fonte fica restrita à ilita, o que caracteriza condições de clima quente e seco.

Na Sequência 2 (SI2), o trato de sistema transgressivo é caracterizado pela paragênese Quartzo + Plagioclásio + Ilita + Saponita + Caulinita, enquanto que no trato de sistema de mar alto a caulinita deixa de fazer parte do sistema. A presença de caulinita no trato de sistema transgressivo, novamente evidencia uma subida do nível do mar e consequente maior atividade da área fonte, retornando a um sistema de maior umidade e incremento do intemperismo químico. A clorita, presente no trato de sistema transgressivo da Sequência 1 (SI1), deixa de ocorrer neste intervalo devido ao caráter anóxico do ambiente deposicional (folhelho betuminoso inferior do Membro Assistência), o qual não favorece a sua deposição, conforme discutido no item 5.1 (Minerais como indicadores paleoambientais). No trato de sistema de mar alto, a caulinita deixa de fazer parte do sistema, novamente em condições de clima quente e seco. Este fato está relacionado a uma menor contribuição da área fonte e condições climáticas provavelmente mais áridas.

Na Sequência 3 (SI3), o trato de sistema transgressivo é composto por uma assembleia mineralógica mais diversificada com Quartzo + Plagioclásio + Analcima + Gipsita + Pirita + Apatita + Barita. Neste contexto, o caráter autigênico dos minerais analcima, gipsita, pirita, apatita e barita são correlacionáveis com o aumento da anoxia e da bioprodutividade, conforme discutido no item 5.1 (Minerais como indicadores paleoambientais). O trato de sistemas de mar alto e o consequente limite da Sequência 3 (SI3) estão posicionados na Formação Serra Alta, e neste intervalo não foram feitas interpretações mineralógicas.

Figura 46 – Correlação entre mineralogia e o modelo de Estratigrafia de Sequências proposto por Araújo (2001).

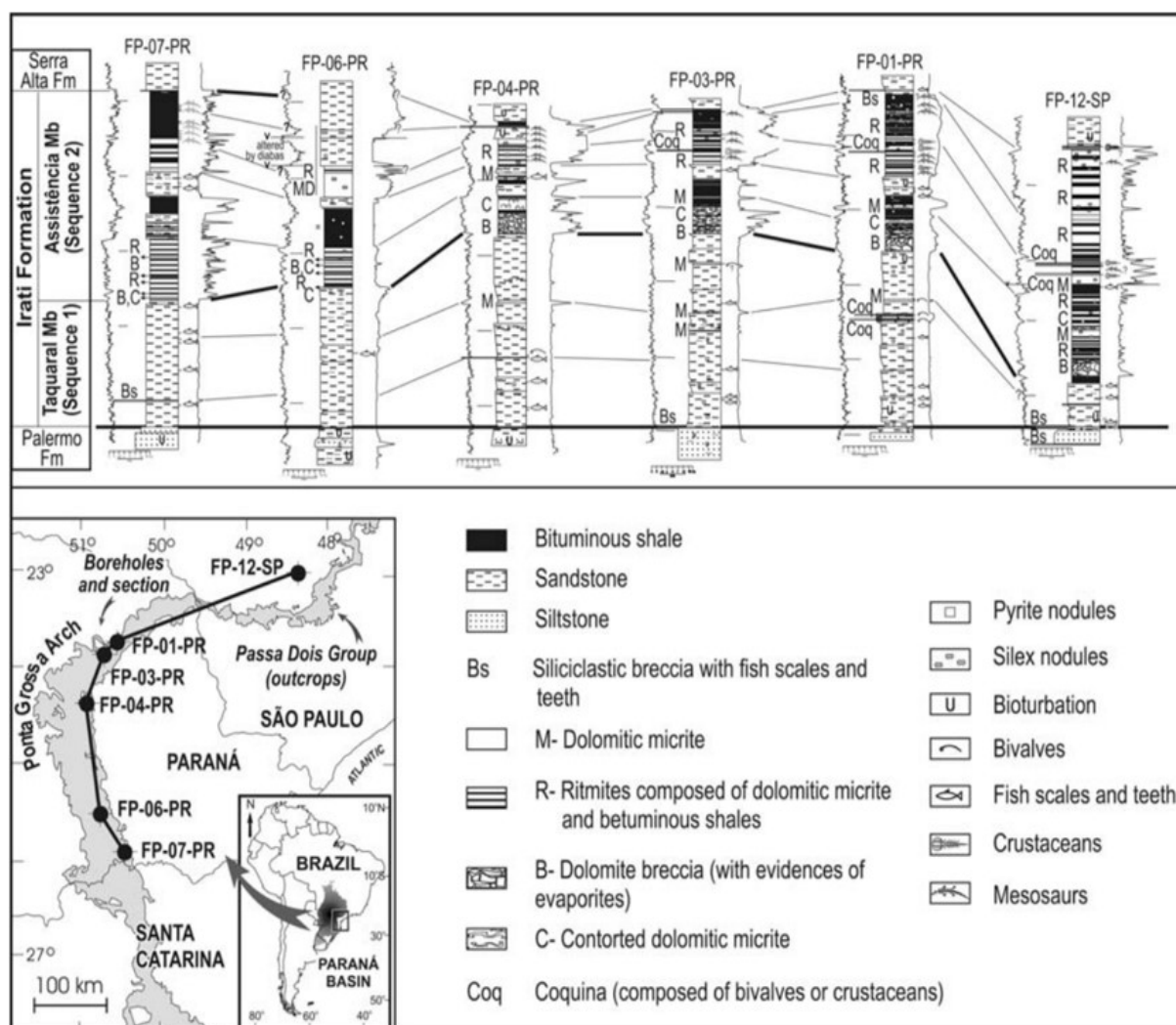


Fonte: O autor, 2018.

#### 5.4.3.2 Modelo de Rohn (2007)

Este modelo baseia-se na evidência de discordâncias, descritas nos trabalhos de Lages (2004) e Rohn (2007), as quais seriam responsáveis por tornar a Formação Irati independente das formações Palermo e Serra Alta, sotoposta e sobreposta, respectivamente, caracterizando uma sequência de terceira ordem (Figura 49).

Figura 47 – Seção geológica correlacionando sequências estratigráficas.



Fonte: Rohn (2007).

Sendo assim, o Membro Taquaral não constituiria o final de uma sequência iniciada na Formação Palermo (como sugerido por Menezes, 1994), nem deveria



ocorrer a continuação de uma sequência do Membro Assistência dentro da Formação Serra Alta (conforme interpretado por Araújo, 2001).

De acordo com Lages (2004), Rohn (2007) e Holz (2010), parece ser improvável que uma sequência iniciada no Membro Taquaral possa ter continuidade no Membro Assistência, devido às fácies completamente distintas caracterizadas pela passagem de siltitos e folhelhos de coloração cinza (Membro Taquaral) para carbonatos e folhelhos ricos em matéria orgânica (Membro Assistência).

Neste modelo, a Sequência do Membro Taquaral encontra-se truncada no topo, marcando o aparecimento abrupto dos calcários do Membro Assistência. Lages (2004) indica que as modificações no comportamento da subsidência da bacia, na região do Arco de Ponta Grossa, suportam a hipótese de que boa parte desta sequência não esteja preservada. Tal truncamento é marcado pela mudança na assembleia mineralógica interpretada no poço SP-32-PR, onde Quartzo + Plagioclásio + Ilita + Clorita + Caulinita dão lugar a Dolomita + Calcita + Ilita + Saponita.

Lages (2004) descreveu os carbonatos da base do Membro Assistência como micritos dolomíticos brechados, que poderiam representar em si um ciclo marcado por transgressão, inundação máxima e ressecamento, sem haver qualquer tipo de relação genética com os siliciclastos soto e sobrepostos. Embora o topo destes carbonatos brechados correspondam a um limite de sequência no modelo de Araújo (2001), Lages (2004) sugere uma passagem gradual para os folhelhos betuminosos sobrepostos, onde apareceriam finas intercalações de carbonato antes de aparecerem os folhelhos betuminosos mais espessos. Segundo a autora, somente as análises de perfis de raios gama sugerem uma passagem abrupta dos carbonatos para os folhelhos.

Os folhelhos betuminosos representariam intervalos de inundação máxima ou de estagnação máxima durante períodos mais úmidos. A delimitação de eventuais sequências na parte superior do Membro Assistência é muito subjetiva, pois houve forte controle climático cíclico na deposição dos ritmitos. Provavelmente, há distintas ordens de ciclicidade superpostas, desde a sutil laminação dos micritos, até as alternâncias de camadas mais espessas de folhelhos e calcário (LAGES, 2004 e ROHN, 2007).

A mudança da Formação Irati para a Formação Serra Alta é marcada por uma queda do nível de base, evidenciada pelo desaparecimento dos folhelhos betuminosos e pela ocorrência de pequenas brechas, níveis conglomeráticos e arenosos (ROHN, 2007). A caracterização de um lag transgressivo na interface entre as formações é apontado por Holz et al (2010) como a principal evidência de um limite de sequência.

A análise mineralógica do poço SP-32-PR indicou, através da microscopia eletrônica de varredura e da espectroscopia por dispersão de energia, a presença de nódulos de barita septariana em amostra próxima ao contato entre as formações Irati e Serra Alta. Dados da literatura (BRUMSACK, 1986; BRÉHÉRET & BRUMSACK, 2000; DICKENS, 2001; SNYDER et al. 2007; LASH, 2015) apontam para a ocorrência deste sulfato relacionada a pequenas pausas na taxa de sedimentação da bacia durante os estágios diagenéticos e, principalmente, sendo seguida de proeminentes descontinuidades, o que seria uma evidência do limite de sequência proposto nos estudos de Rohn (2007) e Holz et al. (2010).

## 6 CONCLUSÕES

Os resultados alcançados a partir dos dados de DRX, MEV e EDS contribuíram para a determinação da mineralogia das porções pelítica e carbonática da Formação Irati e no entendimento de sua relação com aspectos paleoambientais, paleoclimáticos e relacionados à Estratigrafia de Sequências desse intervalo. Para tanto, os dados de geoquímica orgânica mostraram-se de grande importância, principalmente no auxílio às interpretações de caráter paleoambiental. Tal metodologia também auxiliou na determinação das características mineralógicas e orgânicas onde a Formação Irati encontra-se em contato com espesso pacote de diabásio.

No poço SP-32-PR, onde não ocorre o contato com a rocha ígnea, foram diagnosticados minerais como analcima, pirita, gipsita e barita concentrados exclusivamente no intervalo superior do Membro Assistência (plataforma distal). Esses minerais, devido ao caráter autigênico, geralmente têm suas gêneses relacionadas a ambientes ricos em matéria orgânica, com restrita circulação de água, de caráter alcalino e sedimentação pelágica, como é o caso do Membro Assistência. Nesse intervalo, os dados de geoquímica orgânica foram congruentes com o conteúdo mineralógico apontado, uma vez que os valores de COT, S e RI foram os maiores registrados ao longo de toda a formação, ratificando as características ambientais apontadas acima.

A variação do conteúdo mineralógico ao longo da Formação Irati foi aplicada a dois diferentes modelos de Estratigrafia de Sequências. No modelo de Araújo (2001) a caulinita é o mineral que caracteriza os tratos de sistemas transgressivos, evidenciando uma maior contribuição da área fonte em um contexto paleoclimático quente e úmido. Enquanto que, no trato de sistemas de mar alto, ocorrem illita esaponita (sedimentação química), em um contexto de clima quente e seco. A clorita tem sua ocorrência restrita ao Membro Taquaral, pois no Membro Assistência as condições de anoxia não favorecem a sua preservação.

No modelo de Rohn (2007), baseado no reconhecimento de descontinuidades, a interface Taquaral-Assistência é marcada pelo aparecimento do argilomineral saponita em um novo contexto deposicional experimentado pela bacia sedimentar. Além disso, a ocorrência de barita localizada no topo da Formação Irati é um indício para determinação de uma descontinuidade sobreposta, uma vez que a sua precipitação geralmente é seguida de descontinuidades em sucessões sedimentares.

Os parâmetros de geoquímica orgânica apontaram que o Membro Assistência apresenta excelente potencial para a geração de hidrocarbonetos, principalmente os folhelhos pretos em seu intervalo superior. Entretanto, os dados de  $T_{max}$  indicaram que todo o intervalo no poço SP-32-PR encontra-se termicamente pouco evoluído. Uma alternativa para a exploração desse recurso seria a partir do tratamento termoquímico (pirólise), como ocorre atualmente em São Mateus do Sul. A partir das imagens de MEV, a porosidade do Membro Assistência caracteriza-se como intragranular, predominantemente com poros dentro da própria matéria orgânica e intergranular, com a porosidade entre a matéria orgânica e os minerais e no contato dos cristais entre si.

A correlação dos dados de COT permitiu inferir que a soleira de diabásio, em contato com o Membro Assistência, foi responsável por senilizar toda a Formação Irati no poço SP-58-PR, descaracterizando o seu potencial gerador original. Esses baixos valores são residuais e estão associados a uma depleção do carbono orgânico, causada pelo efeito térmico oriundo da rocha intrusiva sobreposta, o qual promoveu o craqueamento da matéria orgânica reduzindo seus valores em até 84% em relação às quantidades originais.

No Membro Assistência do poço SP-58-PR, as reflexões difratométricas indicaram a presença de minerais cuja gênese está relacionada a temperaturas elevadas, como por exemplo o talco e o piroxênio. As análises de MEV/EDS embasaram reações químicas a partir da saponita e do quartzo, dando origem ao piroxênio enstatita e plagioclásio nas amostras próximas ao contato com a rocha intrusiva, enquanto que nos intervalos mais distantes as reações eram entre dolomita e quartzo, gerando talco e calcita.

## REFERÊNCIAS

ABAD, I.; JIMENEZ-MIL, J.; MOLINA, J.M.; NIETO, F.; VERA, J.A. Anomalous reverse zoning of saponite and corrensite caused by contact metamorphism and hydrothermal alteration of marly rocks associated with subvolcanic bodies. *Clays Clay Minerals*, v.51, n. 5, p. 543-554, 2003.

ABRANTES, M. I. R. R. *Os sedimentos superficiais da margem continental, sector Espinho – Cabo Mondego: a utilização das fracções finas como tracadores de dinâmica sedimentar actual*. 2005, 239 p. Dissertação de mestrado. Universidade de Aveiro, Portugal. 2005.

ALABARSE, F.G. *Análise da estabilidade estrutural da esmectita sob altas pressões e altas temperaturas*. 2009. Dissertação (Mestrado) – Engenharia de Materiais, Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2009.

ALFERES, C.L.F.; RODRIGUES, R.; PEREIRA, E. Geoquímica orgânica aplicada à Formação Irati, na área de São Mateus do Sul (PR), Brasil. *Geochimica Brasiliensis*, v.25, p. 47-54, 2011.

ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth Science Reviews*, v. 17, p. 1-29, 1981.

AMORIM, C. L. G. *Estudo do efeito das interações água-argila no inchamento de argilominerais através da difração de raios X*. 2007. 145p. Tese de Doutorado. COPPE/ UFRJ. Rio de Janeiro, 2007.

ALVES, D. B.; RODRIGUES, R. Influencia das intrusões ígneas nos folhelhos devonianos da Bacia do Baixo Amazonas. *Revista Brasileira de Geociências*, v.15, n. 2, p. 110-115, 1985.

ALVES D.B. *Influência dos tratamentos de dispersão de amostra na análise dos argilominerais por Difração de Raios-X. Aplicação nos Folhelhos Cretáceos do Flanco Noroeste da Bacia da Foz do Amazonas*. 1989. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Tese de Doutorado. 1989, 437 p.

ARAÚJO, L.M., TRIGUIS, J.A., CERQUEIRA, J.B. *Avaliação do efeito térmico das intrusivas ígneas nas rochas geradoras da Formação Irati – Membro Assistência*, Curitiba: Petrobras/E&P/NEXPAR, 1996. 139 p. Relatório interno.

ARAÚJO, L. A.; TRIGUIS J.A.; CERQUEIRA J.R.; FREITAS L.C.S. The atypical Permian petroleum system of the Paraná Basin, Brazil. In: MELLO M.R.; KATZ B.J. (eds.) *Petroleum systems of South Atlantic margins*. American Association of Petroleum Geologists, Memoir, Tulsa, Oklahoma, 2000, v. 73, p. 377-402.

ARAÚJO, L. M. *Análise da expressão estratigráfica dos parâmetros de geoquímica orgânica e inorgânica nas seqüências Irati*. 2001. 2v. 301 p. Tese (Doutorado em Geociências)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

ASSINE, M.L.; ZACHARIAS, A.A.; PERINOTTO, J.A. Paleocorrentes, paleogeografia e seqüências deposicionais da Formação Tatuí, Centro-Leste do Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 33, n. 1, p. 33–40, 2003.

BARBOSA, O.; ALMEIDA, F. F. M. *A série Tubarão na Bacia do Rio Tietê, Estado de São Paulo*. Notas Preliminares e Estudos. DNPM/DGM, 1949, n. 48, 16 p.

BATES, R. L.; JACKSON, J. A. *Glossary of Geology*. 3 eds. American Geologic Institute, Alexandria, VA. 1987, 778 p.

BERNARD, S.; K. BENZERARA, O; BEYSSAC, G.E.; BROWN JR. Multiscale characterization of pyritized plant tissues in blueschist facies metamorphic rocks. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 74, p. 5054–5068, 2010.

BERNER, R. A. Calcium carbonate concretions formed by the decomposition of organic matter. *Science*, v. 159, p. 195–197, 1968.

BERNER, R. A. Sedimentary pyrite formation: An update. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 48, n. 4, p. 605–615, 1984.

BISCAYE, P. E. Mineralogy and sedimentation of recent deep-sea clay in the Atlantic Ocean and adjacent seas and oceans. *Geological Society American Bulletin*, v.76, p. 803–832, 1965.

BLOCH, S.; LANDER, R.H.; BONNELL, L.M. Anomalously high porosity and permeability in deeply buried sandstone reservoirs: Origin and predictability. *American Association Petroleum Geologist*, v. 12, n.33, p.12-43, 2002.

BOUCHET, A.; LAJUDIE, A.; RASSINEUX, E.; MEUNIER, A.; ATABEK, R. Mineralogy and kinetics of alteration of a mixed layer kaolinite/smectite in nuclear waste disposal simulation experiment (Stripa site, Sweden). *Appl Clay Sci*, v. 7, p.113-123, 1992.

BRÉHÉRET, J. G., BRUMSACK, H. J. Barite concretions as evidence of pauses in sedimentation in the Marnes Bleues Formation of the Vocontian Basin (SE France). *Sediment. Geol.* v.130, p. 205-228, 2000.

BRELL, J. M.; DOVAL, M. Un ejemplo de correlacion litoestratigráfica aplicado às cuencas terciárias del NW dela Peninsula. *Est. Geol.*, v. 21, p. 631-638, 1974.

BRINDLEY, G.W. *CIPEA Nomenclature Subcommittee*, Minutes of meetings held June 20 and 23, Jerusalem, Israel: Proceedings of the International Clay Conference, 1966, v. 2, p. 27-29.

BRINDLEY, G.W.; PEDRO, G. Report of the AIPEA Nomenclature Committee. *AIPEA Newsletter*, v.7, p.8-13, 1972.

BROCK, F.; PARKES, R.J.; BRIGGS, D. Experimental Pyrite Formation Associated With Decay Of Plant Material. *Palaaios*, v. 21, n. 5, p. 499–506, 2006.

BROOKS, B.T. Evidence of Catalytic Action in Petroleum Formation. *Ind. Eng. Chem*, v.44, p. 2570–2577, 1952.

CALARGE, L. M.; MEUNIER, A; FROMOSO, M.L.L. A bentonite bed in the Aceguá (RS, Brazil) and Melo (Uruguay) areas: a highly crystallized montmorillonite. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 16, p. 187-198, 2003,.

BRUMSACK, H.J. The inorganic geochemistry of Cretaceous black shales (DSDP Leg 41) in comparison to modern upwelling sediments from the Gulf of California. In: SUMMERHAYES, C.P.; SHACKLETON, N.J. (Eds.), *North Atlantic Palaeoceanography*. Geol. Soc. London, Spec. Publ., v.21, p. 447–462, 1986.

CABRAL C.V. *Análise de biomarcadores nos arenitos asfálticos da borda leste da Bacia do Paraná*. 2006. Dissertação de Mestrado, COOPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

CALÇA, C.P.; FAIRCHILD, T.R. Uso de lâminas delgadas na paleopalínologia da Formação Assistência (Subgrupo Irati), Permiano, Estado de São Paulo. In: IXX CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 2005, Aracajú. Resumos, 2005.

CAMP, W.; DIAZ, E.; WAWAK, B. Electron microscopy of shale hydrocarbon reservoir. *AAPG Memoir*, v.3102, p. 9-11, 2013.

CAMP, W. Strategies for Identifying Organic Matter Types in SEM. In: HEDBERG RESEARCH CONFERENCE, 2016, Santa Fe, New Mexico, Abstract, 2016, p.16-19.

CARDOSO, T.R.M. Acrítarcos e ficomatas registrados no Membro Taquaral (Formação Irati) indicam ambiente marinho no Permiano Superior da Bacia do Paraná, Brasil. In: 46° CBG, 2012, São Paulo. Resumos, 2012.

CAROLL, D. Clay minerals in Arctic Ocean sea floor sediments. *Journal Sedimentary Petrology*, v.45, p. 272–279, 1970.

CASTRO, J.C.; MACIEL, U.; ALVES, C.F.C.; GRECCHI, R.C. O Grupo Guatá (Permiano Inferior) na margem aflorante paulista. In: SIMPÓSIO SOBRE CRONOESTRATIGRAFIA DA BACIA DO PARANÁ, 1993, Rio Claro. Resumos. UNESP, Rio Claro, 1993, p. 55–56.

CHAHUD, A. *Paleontologia de vertebrados da transição entre os Grupos Tubarão e Passa Dois (Neopaleozóico) no centro-leste do Estado de São Paulo*. 2007. Dissertação de Mestrado. USP, Instituto de Geociências. 2007.

CHAMLEY, H.; BONNOT-COURTOIS, C. Argiles authigé`nes et terrigé`nes de l'Atlantique et du Pacifique NW (Leg 11 et 58 DSDP). Apport des terres rares. *Oceanologica Acta*, v.4, p. 229–238, 1981.

CHAMLEY, H. Continental and marine paleoenvironments reflected by west Pacific clay sedimentation. *Geol. Rundschau*, v. 75, p. 271-285, 1986.

CHAMLEY, H. Clay sedimentology. *Berlin: Springer*, Special Edition 623 p, 1989.

CLARKE, F. W. Data of geochemistry. *U.S. Geological Survey Bull*, n.770, 29 p, 1924.

CONTI, J. J.; HOLTBERG, P. D.; BEAMON, J.A.; SCHAL, A. M.; AYOUB, J. C.; TURNURE, J. T. Annual energy outlook 2011 with projections to 2035. *U.S. Energy Information Administration*, Washington D.C., 235p, 2011.

CORREA, L. M.S.A., PEREIRA E. Estudo da distribuição das intrusões mesozóicas e sua relação com os sistemas petrolíferos da Bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO DE VULCANISMO E AMBIENTES ASSOCIADOS, Cabo Frio, 2005, v.1, p.21-26.

COSTA, D. F. B. *O papel das intrusões de soleiras e diques de diabásio na gênese de rotas de migração e armadilhas de hidrocarbonetos, em área de ocorrências de arenitos asfálticos da Formação Piramboia, região de Guareí-SP, Bacia do Paraná*. 2014, 154 p. Dissertação de Mestrado. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2014.

COSTA, D. F.; HOLANDA, W.; BERGAMASCHI, S.; PEREIRA, E. Análise da geometria de soleiras de diabásio do magmatismo Serra Geral, por interpretação sísmica 2D, na região de Guareí, São Paulo, Bacia do Paraná, Brasil. *Braz. J. Geol.* v.46, n.4, p.605-615, 2016.

COUTINHO, J. M. V.; HACHIRO, J.; COIMBRA, A. M.; SANTOS, P. R. Ash fall derived vitroclastic tuffaceous sediments in the Permian of the Paraná Basin and their provenience. In: ULBRICH, H. E., ROCHA CAMPO, A. C. *Gondwana Seven Proceedings*, São Paulo, 1988, p. 147-160.

COUTINHO, J.M.; HACHIRO, J. Distribution, Mineralogy, Petrography, Provenance and Significance of Permian Ash-carrying deposits in the Paraná Basin. *Revista do Instituto de Geociências – USP*, v. 5, p. 29-39, 2005.

DECARREAU, A.; PETIT, S.; VIEILLARD, P.; DABERT, N. Hydrothermal synthesis of aegirine at 200°C. *European Journal of Mineralogy*, v.16, p. 85-90, 2004.



DEDAVID, B.A.; GOMES, C.I.; MACHADO, G. Microscopia eletrônica de varredura: aplicações e preparação de amostras : materiais poliméricos, metálicos e semicondutores. *EDIPUCRS*, Porto Alegre:, 2007.

DEER, W. A.; HOWIE, R. A.; ZUSSMAN, J. *An Introduction to the rock forming minerals*. Longman Group Limited, London. 558p, 1974,.

DICKENS, G.R. Sulfate profiles and barium fronts in sediment on the Blake Ridge: present and past methane fluxes through a large gas hydrate reservoir. *Geochim. Cosmochim. Acta* 65, 529-543, 2001.

DONG, T.; HARRIS, N. B. Pore size distribution and morphology in the Horn River Shale, Middle and Upper Devonian, northeastern British Columbia, Canada. In: W. CAMP, E. DIAZ, AND B. WAWAK, eds., *Electron microscopy of shale hydrocarbon reservoirs*: AAPG Memoir, v. 102, p. 67-79, 2013.

DOS ANJOS, C.W.D; GUIMARÃES, E. M. Evidências de Metamorfismo de Contato das rochas da Formação Irati, em Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, n. 9, p.587-589, 2003.

DOS ANJOS, C. W.; GUIMARÃES, E. M. Metamorfismo de contato nas rochas da Formação Irati (Permiano), norte da Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 38, p.629-641, 2008.

DOS ANJOS, C. W. D. *Fatores condicionantes na gênese dos argilominerais dos folhelhos negros e pelitos associados da Formação Irati no norte da Bacia do Paraná*. 2008. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Brasília, 2008.

DOS ANJOS, C. W. D., MEUNIER, A., GUIMARÃES, E. M., ALBANI, A. Saponite-rich black shales and nontronite beds of the Permian Irati Formation: sediment sources and thermal metamorphism (Paraná Basin, Brazil). *Clays and Clay Minerals*, v. 58, n. 5, p. 606-626, 2010.

DRISKILL, B.; WALLS, J.; DEVITO, J.; SINCLAIR, S. W. Applications of SEM imaging to reservoir characterization in the Eagle Ford Shale, south Texas, U.S.A, In: CAMP, W.; DIAZ, E.; WAWAK, B., eds., *Electron microscopy of shale hydrocarbon reservoir*: AAPG Memoir, v. 102, p. 115-136, 2013.

DROSTE J.B. Clay minerals in sediments of Owens, China, Searles, Panamint, Bristol, Cadiz, and Danby Lake basin, California: *Geological Society of America Bulletin*, v. 72, p. 1713-1722, 1961.

ESLINGER, E.; PEVEAR, D. Clay minerals for petroleum geologists and engineers. *SEPM Short Course Notes*, v.22, 1-357 p, 1998,.

ESPITALIÉ, J.; LAPORTE, J.L.; MADEC, C.; MARQUIS, F.; LEPLAT, P.; PAULET, J.; BOUTEFÉU, A. Methode rapide de caracterisation des roches-meres, de leus

potential petroleur et de leur degré d'évolution. *Revue de l'Institut Francais du Petrole*, v. 32, p. 23-42, 1977.

ESPITALIÉ, J.; DEROO, G.; MARQUIS, F. La pyrolyse rock-eval et ses applications. *Revue de l'Institut Francais du Petrole*, v. 40, p. 755-784, 1985.

FAIRCHILD, T.R.; COIMBRA, A.M.; BOGGIANI, P.C. Ocorência de estromatólitos silicificados na Formação Irati (Permiano) da borda setentrional da Bacia do Paraná (MT, GO). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 57, n. 1, p.17, 1985.

FREY, M. Very low-grade metamorphism of clastic sedimentary rocks. In: FREY, M. *Low temperature metamorphism*, ed., Blackie, Glasgow, p. 9-58, 1987.

GALAN, E. Las arcillas como indicadores paleoambientais. *Bol. Soc. Esp. Miner.*, v.9, p. 11-22, 1986.

GALUSHIKIN, Y.I. Thermal effects of igneous intrusions on maturity of organic matter: a possible mechanism of intrusion. *Organic Chemistry*, p.645-658, 1997.

GAMA JUNIOR, E. A. sedimentação do Grupo Passa Dois (exclusive Formação Irati), um modelo geomórfico. *Revista Brasileira de Geociências*, v.9, n.1, p.1-16, 1979.

GASTALDO, R.A.; DIMICHELE, W.A.; PFEFFERKORN, H.W. Out of the icehouse into the greenhouse: a Late Paleozoic analog for modern global vegetation alchange. *GSA Today*, v.6, p. 1-7, 1996.

GIBBS, R. J. Clay mineral segregation in the marine environment. *Journal Sedimentary Petrology*, v.47, p. 237-243, 1977.

GINGELE, F. X.; SCHMIEDER, F.; PETSCHICK, R.; VON DOBENECK, T.; RUHLEMANN, C. Terrigenous flux in the Rio Grande Rise area during the past 1500 ka: Evidence of deepwater advection or rapid response to continental rainfall patterns? *Paleoceanography*, v.14, p. 84-95, 1999.

GIRARDI, V.A.V.; MELFI, A.J.; AMARAL, S.E. Efeitos termiais associados aos diabásios mesozoicos da Bacia do Paraná. *Boletim IG. Instituto de Geociências*, v. 9, p.47-55, 1978.

GOLDBERG, K.; HUMAYUN, M. The applicability of the Chemical Index of Alteration as a paleoclimatic indicator: an example from the Permian of the Paraná Basin, Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v.293, p. 175-183, 2010.

GOMES, C. S. F. Argilas, O que são e para quê servem. *Fund. Calouste Gulbenkian, Lisboa*, 457 p, 1988.

GONÇALVES, D. F.; ROSSETTI, D. F.; TRUCKENBRODT, W.; MENDES, A. C. Argilominerais da Formação Codó, Bacia do Grajaú, NE do Brasil. *Latin American Journal of Sedimentology And Basin Analysis*, v. 13, p. 59-75, 2006.

GONZALES LOPES, J.M. Utilidad de la mineralogia em el analisis de cuencas: aplicacion ao terciário del sector centro-meridional de la depression del Ebro. *Bol. Soc. Esp. Miner.* v. 14, p. 239-248, 1991.

GOMES, C. S. F. Argilas: Aplicações na Indústria. Câmara de Lobos, RAM; 2002, 337 p.

GRANATH, V. C. H.; PAPIKE, J. J.; LABOTKA, T. C. The notch peak contact metamorphic aureole, Utah: Petrology of the Big Horse Limestone Member of the Orr Formation. *Geological Society of American Bullerin*, v. 94, p. 889-906, 1983.

GRIFFIN, J. J.; WINDOM, H. L.; GOLDBERG, E. D. The distribution of clay minerals in the World Ocean. *Deep-Sea Research*, v.15, p. 433–459, 1968.

GRIFFIN, G.M. Interpretation of X-ray diffraction data, in Carver, R.E., ed., *Procedures in Sedimentary Petrology*: New York, Wiley, p. 541–569, 1971.

GRIM, R. E. Relation of clay mineralogy to origin and recovery of petroleum. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*., v. 31, p. 1491-1499, 1947,.

GRIM, R. E. Clay mineralogy. Second edition, Mc-Graw Hill Co., New York. 1968.

GROSSMAN, R.H.; LEIBLING, H.S.; SCHERP, H.S. Chlorite and its relationship to pyritization in anoxic marine environments. *Journal of Sedimentary Petrology*, v.49, p. 611-614, 1979.

GUGGENHEIM, S.; MARTIN R.T. Definition of clay and clay mineral. *Joint report of the AIPEA nomenclature and CMS nomenclature committees. Clays Clay Miner.* v. 43, p. 255-256, 1995.

GUGGENHEIM, S.; ADAMS, J.M.; BAIN, D.C.; BERGAYA, F.; BRIGATTI, M.F.; DRITS, V.A.; FORMOSO, M.L.L.; GALAN, E.; KOGURE, T.; STANJEK, H. Summary of recommendations of nomenclature committees relevant to clay mineralogy. *Clays and Clay Miner.* v.54, p.761–772, 2006.

GULBRANDSEN, R. A. Physical and chemical factors in the formation of marine apatite. *Bulletin of the society of economic geologists*, v. 54, p.365-382, 1969.

HACHIRO, J. *O Subgrupo Irati (Neopermiano) da Bacia do Paraná*. 1996, 196p. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, 1996.

HAMILTON, P. J., S. KELLEY, A. E. FALLICK. K-Ar dating of illite in hydrocarbon reservoirs. *Clay Minerals*, v. 24, p. 215-231, 1989.

HARDER, H. Nontronite synthesis at low temperature. *Chemical Geology*, v. 18, p. 169-180, 1976.

HARDIER, L.A. The origin of the Recent non-marine evaporate deposit of Saline Valley, Inyo County, California. *Geochim. Cosmochim. Acta*, v.32, p. 1279-1301, 1968.

HEALD, M. T., R. E., LARESE. Influence of coatings on quartz cementation. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 44, p. 1269–1274, 1974.

HILLIER, S., 2006, Mineralogical and chemical data, In: REEVES, G.M.; SIMS, I.; CRIPPS, J.C. (eds.) *Clay materials used in construction*. London, Geological Society, Engineering Geology Special Publications. 2006. v. 21, p. 449-459.

HOFFMAN, J.; HOWER, J. Clay mineral assemblages as low grade metamorphic geothermometers. Application to the thrust faulted disturbed belt of Montana: In: SCHOLLE, P.A.; SCHLUGER, P.S (eds.) *Aspects of Diagenesis*, SEPM Spec. Publ., v.26, p. 55-79, 1979.

HOLANDA, W.; BERGAMASCHI, S.; SANTOS, A.C.; RODRIGUES, R., BERTOLINO, L.C. Characterization of the Assistência Member, Irati Formation, Paraná Basin, Brazil: Organic Matter and Mineralogy. *Journal of sedimentary environment*, v.3, p.36-45, 2018.

HOLZ, M.; SOUZA, P.A.; IANUZZI, R. Sequence stratigraphy and biostratigraphy of the Late Carboniferous to Early Permian glacial succession (Itararé Subgroup) at the eastern-southeastern margin of the Paraná Basin, Brazil. *Geological Society of America Special Paper*, v.441, p. 115–129, 2008.

HOLZ, M.; FRANÇA, A. B.; SOUZA, P. A.; IANUZZI, R.; ROHN, R. A stratigraphic chart of the Late Carboniferous/Permian succession of the eastern border of the Paraná Basin, Brazil. *South America. Journal of South American Earth Sciences*, v. 29, 381-399 p, 2010,.

HOSTERMAN, J. W.; WHITLOW, S.I. Clay mineralogy of the Devonian shales in the Appalachian Basin, *U.S. Geol. Surv. Prof. Pap.*, p. 1298, 1–31, 1983.

HOWER, J.; ESLINGER, E. V.; HOWER, M. E.; PERRY, E. A. Mechanism of burial metamorphism of argillaceous sediment: *Mineralogical and chemical evidence: Geol. Soc. Amer. Bull.*, v.87, 725-737, 1976.

IANUZZI, R.; SOUZA, P.A. Floral succession in the Lower Permian deposits of the Brazilian Paraná Basin: an up-to-date overview. In: LUCAS, S.G., ZIGLER, K.E. (eds.), *The Nonmarine Permian: New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin*, v.30, p. 144–149, 2005.

ISELL, J.L.; FRAISER, M.L.; HENRY, L.C. Examining the complexity of environmental change during the Late Paleozoic and Early Mesozoic. *Palaios*, v.23, p.267–269, 2008.

JIANG, S.; WANG, H.; CAI, D., *et al.* The secondary porosity and permeability characteristics of Tertiary strata and their origins, Liaodong Bay Basin, China. *Energy, Exploration & Exploitation*, v. 28, p. 207-222, 2010.

KELLER, W. D. Environmental aspects of clay minerals. *Journal of Sedimentary Petrology*, v.40, p.798-813, 1970.

KEMP, S. J.; ROCHELLE, C.A.; MERRIMAN, R.J. Back-reacted saponite in Jurassic mudstones and limestones intruded by a Tertiary sill, Isle of Skye. *Clay Minerals*, v. 40, n. 03, p. 263. 2005.

KESTENBAC, H.J.; BOTA FILHO W.J. Microscopia eletrônica transmissão e varredura. São Paulo: ABM, 1994.

KITAHARA, S.; TAKENOUCI, S.; KENNEDY, G.C. Phase relations in the system MgO-SiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O at high temperatures and pressures. *American Journal of Science*, v.264, n.3: p.223-233, 1966.

KOLLA, V.; HENDERSON, L.; BISCAYE, P. E. Clay mineralogy and sedimentation in the western Indian Ocean. *Deep-Sea Research and Oceanographic. Abstracts*, v.23, p. 949–961, 1976.

KONTAK, D.J.; CLARCK, A.H.; FARRAR, E.; ARCHIBALD, D.A., BAADSGAARD, H. Late Paleozoic-early Mesozoic magmatism in the cordillera de Carabaya, Puno, southeastern Peru. *Journal of South American Earth Sciences*, v.3, n. 4, p.213-230, 1990.

KRETZ, R. Symbols of rock-forming minerals. *American Mineralogist.*, v. 68, p. 277-279, 1983.

LAGES, L. C. *A Formação Irati (Grupo Passa Dois, Permiano, Bacia do Paraná) no furo de sondagem FP-01-PR (Sapopema, PR)*. 2004. Dissertação de Mestrado. UNESP, Rio Claro, 2004 117 f.

LASH, G. G. Authigenic barite nodules and carbonate concretions in the Upper Devonian shale succession of western New York - A record of variable methane flux during burial. *Marine and Petroleum Geology*, v. 59, 305-319, 2015.

LAVINA, E. L.; LOPES, R. C. A transgressão marinha do Permiano Inferior e a evolução paleogeográfica do Supergrupo Tubarão no Estado do Rio Grande do Sul. *Paula Coutiana*, n. 1, p. 51-103, 1986.

LAVINA, E. L. *Geologia sedimentar e paleogeografia do Neopermiano e Eotriássico (intervalo Kazaniano-Scythiano) da Bacia do Paraná*. 1991. 333 p. Tese (Doutoramento em Geociências)-Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991.

LEE, M.; ARONSON, J.L.; SAVIN, S.M. K/Ar dating of time of gas emplacement in Rotliegendes sandstone, Netherlands. *AAPG Bulletin*, v. 69, p.1381-1385, 1985.

LIEWIG, N.; N. CLAUSER, F; SOMMER. Rb-Sr and K-Ar dating of clay diagenesis in Jurassic sandstone oil reservoir, North Sea. *AAPG Bulletin*, v. 71, p. 1467-1474, 1987.

LIMARINO, C.O.; CESARI, S.N.; SPALLETTI, L.A.; TABOADA, A. C.; ISBELL, J. L.; GEUNA, S.; GULBRANSON, E. L. A paleoclimatic review of southern South America during the late Paleozoic: A record from icehouse to extreme greenhouse condition. *Gondwana Research*, v.25, p. 1396–1421, 2014.

LOPES-AGUAYO, F. Aplicacion de la mineralogia de arcillas de cuencas . *Conferencia , IX e X Reun. Soc. Esp. Arcillas*, p. 69-86, 1990.

LOPES-GALINO, A. Naturaleza y significado de La Clinoptiolita em sedimentos cretácicos de la zona Subbética. *Bol. Soc. Esp. Min.*, v.9, p. 245-251, 1986.

LOUTFI I.S. *Caracterização geológica da ocorrência de óleo na Formação Rio Bonito associada a um modelo não convencional de geração*. 2011. Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2011.

LOVE, L. G. Early diagenetic iron sulphide in recent sediments of the Wash (England). *Sedimentology*, v.9, p.327-352, 1967.

LUCAS, J.; BRONNER, A. M. Evolutions des argiles sédimentaires dans le bassin triasique du Jura Français. *Bull. Serv. Carte Geol. Als. Lorr.*, v. 14, p. 137-149, 1961.

MARASCHIN, A. J.; RAMOS, A.S. Breve abordagem histórica sobre o potencial energético dos folhelhos da formação Irati (Bacia do Paraná) no Estado do Rio Grande do Sul. *Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul*, n. 25, p. 174-183, 2015.

MARTINS, M.V. *Margem Continental NW Ibérica: estudo de mudanças paleoceanográficas e paleoclimáticas durante o Quaternário*. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de Aveiro, Portugal, Aveiro, 2004.

MARTINS, V.; DIAS, J. M. A.; MANE, M. A.; ROCHA, F. Geochemical Fingerprints Of Climatic Oscillations During The Late Holocene In Ria De Vigo (N Spain). *Journal of Sedimentary Environments*, v. 1, p. 78-95, 2016.

MARTINS, V.; SANTOS, J. F.; MACKENSEN, A. ; DIAS, J. M. A. ; RIBEIRO, S. ; MORENO, J. ; MONGE, S.; ANTÓNIO, M. ; F, F. ; REY, D. ; ROCHA, F. The sources of the glacial IRD in the NW Iberian Continental Margin over the last 40 ka. *Quaternary International*, v. 318, p. 128-138, 2013.

MARTINS, V.; DUBERT, J.; JOUANNEAU, J.M.; WEBER, O.; SILVA, E. F.; PATINHA, C.; ALVEIRINHO DIAS, J. M.; ROCHA, F. A multiproxy approach of the

Holocene evolution of shelf–slope circulation on the NW Iberian Continental Shelf. *Marine Geology*, n. 239, p.1–18, 2007.

MATTER, A. & TUCKER, M E. Modern and ancient lake sediments. International Association Sedimentology. *Special Publication*, v.2, p.290, 1978.

MAYNARD, J. B.; CHOCIK, J. M.; GAINES, R. R.; KREKELER, M. P.; PROKOPENKO, M.; SUMMERS, A. M.; HUFF, W. D. Bentonites in the Late Permian (Tatarian) Irati Formation of Brazil: geochemistry and potential of stratigraphic correlation. *In: GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA ANNUAL MEETING*. 1996, v. 28, Abstracts, p. 20.

MENDONÇA FILHO, J. G. *Aplicação de estudos de palinofácies e fácies orgânica em rochas do Paleozóico Superior da Bacia do Paraná, sul do Brasil*. Porto Alegre. 1999. 157 p. Tese (Doutoramento)-Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

MENEZES, J. R. C. *Estratigrafia de seqüências em dados de sondagem: Aplicação ao Permiano da Bacia do Paraná na região de Candiota (RS)*. 1994. 124 p. Dissertação (Mestrado)-Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

MEUNIER, A. Clays. *Springer*. 2005, 472 p.

MILANI, E. J. *Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e o seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sulocidental*. 1997. 255 p. Tese (Doutorado)-Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

MILANI, E.J.; ZALÁN P.V. An outline of the geology and petroleum systems of the Paleozoic interior basins of South America. *Episodes*, v.22, n. 3, p.199-205, 1999.

MILANI, E. J. Comentários sobre a origem e evolução tectônica da Bacia do Paraná. *In: Geologia do Continente Sul-Americano – Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Ed. Becca, 2004, p. 613.

MILANI, E. J.; FRANÇA, A. B.; MEDEIROS, R. A. Rochas geradoras e rochas reservatório da Bacia do Paraná, faixa oriental de afloramentos, Estado do Paraná. *Boletim de Geociências da Petrobras*, v. 15, n. 1, p. 135-162, 2006.

MILANI, E. J.; MELO, J. H. G.; SOUSA, P. A.; FERNANDES, L. A.; FRANÇA, A. B. Bacia do Paraná. *In: Boletim de Geociências da Petrobras*, v. 15. p. 265-287, 2007.

MIZUSAKI, A.M.P.; THOMAZ-FILHO, A. O magmatismo pós paleozóico no Brasil. *In: NETO, V. M.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, J. C.; BRITO-NEVES, B.B. (Ed.). Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo, 2004, p. 28-292.

- MOORE, J. N.; KERRIC, D. M. Equilibrium in siliceous dolomites of the Alta Aureole, Utah. *American Journal of Science*, v.276, p. 502-524, 1976.
- MOORE, D.M.; REYNOLDS, R.C. *X-ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals*. Oxford University Press, Oxford, 1997, 378 pp.
- MORIARTY, K. C. Clay minerals in southeast Indian Ocean sediments, transport mechanisms and depositional environments. *Marine Geology*, v. 25, p. 149–174, 1977.
- MORTIMORE, R. N.; POMEROL, B. *Correlation of the Upper Cretaceous White Chalk (Turonian to Campanian) in the Anglo-Paris Basin. Proceedings of the Geologists' Association*, v. 98 , p. 97-143, 1987.
- NAGATANI, T.; SAITO S.; SATO, M.; YAMADA, M. Development of an ultra high resolution scanning electron microscope by means of a field emission source and in-lens system. *Scanning Microscopy*., v.11, p. 901-909, 1987.
- NEVES, L. E. *Estudo prático de argilas por difratometria de raios X*, 1968, v.11, p. 123-135. Boletim Técnico da Petrobrás.
- NAKAZAWA, H; YAMADA H.; FUJITA, T. Crystal synthesis of smectite applying very high pressure and temperature. *Applied Clay Science*, v.6, p.395-401, 1992.
- NICKEL, E.H. The definition of a mineral. *The Canadian Mineralogist*., v.33, p. 689-690, 1995.
- NORTHFLEET, A. A.; MEDEIROS, R. A.; MUHLMANN, H. Reavaliação dos dados geológicos da Bacia do Paraná. Rio de Janeiro, 1969, v.12, n.3, p.291-346. *Boletim Técnico da Petrobrás*.
- OLIVEIRA, E.B. *Geração não convencional de hidrocarbonetos na região carbonífera de Santa Catarina* 2009. 141 p. Dissertação (Mestrado em Geologia). Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2009.
- ORTEGA HUERTAS, M.; PALOMO, I.; MORESI, M.; ODDONE, M. A mineralogical and geochemical approach to establishing a sedimentar model in a passive continental margin (Subbetic Zone, Beltic Cordillera, SE Spain). *Clay Minerals*, v.26, p. 389-407, 1991.
- PADULA, V.T. Oil Shale of Permian Irati Formation, Brazil. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, v.53, p. 591-602, 1969.
- PARHAM, W.E. Formation of halloysite from feldspar: Low temperature artificial weathering versus natural weathering. *Clays Clay Minerals*, v.17, p. 13–22, 1969.
- PEATE D. W.; HAWKESWORTH C. J.; MANTOVANI M. S. M. Chemical Stratigraphy of the Paraná Lavas (South America): Classification of Magma Types and their Spatial Distribution, *Bull. Volcanol*, v.55, p. 119-139, 1992.



PERINOTTO, J. A. J. *Análise estratigráfica da Formação Palermo (P) na Bacia do Paraná, Brasil*. 1992. 126 f. Rio Claro. Tese (Doutorado)-Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1992.

PERINOTTO, J. A. J.; GAMA JÚNIOR, E. Considerações sobre a evolução paleogeográfica do Permo-Carbonífero da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37., São Paulo. Resumos... Sociedade Brasileira de Geologia, 1992, v.2. p. 518-519.

PETERS, K.E.; CASSA, M.R. Applied source rock geochemistry. In: *The petroleum system: from source to trap*. Edited by MAGOON, L.B & DOWN, W.G. Memoirs-American Association of Petroleum Geologists, Texas, p. 93-120. 1994

PINTO, I.D.; ORNELLAS, L.P.; Permian insects from Paraná Basin, South Brazil. III Homoptera -1-Pereboridae. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE PALEONTOLOGIA, Porto Alegre, 1981, v. 1. Anais, p. 209-219.

POWERS, M.C. Adjustment of clays to chemical change and the concept of the equivalence level. *Clays & Clay Minerals, Proceedings of the Sixth National Conference*, p. 309-326, 1957.

RAMOS, A. N. *Resultados das análises difratométricas da fração argilosa de testemunhos de poço da bacia sedimentar do Paraná*. Rio de Janeiro, 1970, 13 (1/2): p. 15-25. Boletim Técnico da Petrobrás.

RAMOS, A.N.; FORMOSO, M.L.L. Argilominerais das Rochas Sedimentares da Bacia do Paraná. *Série Ciência Técnica-Petróleo*, n. 9, 72 p., 1975.

RAMOS, A.N.; FORMOSO, M. L. L. Clay mineralogy of the sedimentary rocks of the Paraná Basin, Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 6, n.1, p. 15-42, 1976.

RAMOS, V. Late Proterozoic – Early Paleozoic of South America: a collisional history. *Episodes*, v.11, p. 168-174, 1988.

REDHAMMER, G. J.; AMTHAUER, G.; LOTTERMOSER, W.; TREUTMANN, W.; Synthesis and structural properties of clinopyroxenes of the hedenbergite (CaFeSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub>)-aegirine (NaFeSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub>) solid-solution series. *European Journal of Mineralogy*, v.12, p. 105-120, 2000.

REYNOLDS, R.C. Interstratified clay minerals: in Crystal Structures of Clay Minerals and Their X-ray Identification, In: BRINDLEY, G.W., BROWN, G. eds., *Mineralogical Society*, London, 1980, p. 249-303.

RICARDI-BRANCO, F.; BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M. E.; GARCIA, M. J. Novos elementos tafoflorísticos da Formação Assistência, Subgrupo Irati, Grupo Passa Dois, Bacia do Paraná, provenientes de Angatuba (SP), Brasil. *Revista da Universidade de Guarulhos-Geociências*, v. 4, n. 6, p. 85-95, 1999.

RIEDIGER, C. L.; FOWLER, M. G.; BROOKS, P.; WAND, L.; SNOWDON, R. Triassic oils and potential Mesozoic source rocks, Peace River arch area, western Canada Basin: *Organic Geochemistry*, v. 16, p. 295–305, 1990.

ROCHA, F.J.F.T. Argilas *aplicadas a estudos litoestratigráficos e paleoambientais na bacia sedimentar de Aveiro*. 1993. Tese de Doutorado, Universidade de Aveiro, 1993, 399 p. (não publicado).

ROCHA, F.; MARTINS, V.; JOUANNEAU, J. M.; WEBER, O.; GOMES, C. A 5000-years history of climate change based on variation in the composition of the clay fraction from oceanic sediments off Galicia. *Clay Science*, v. 2, p. 205-210, 2006.

RODRIGUES, R.; QUADROS, L. P. Mineralogia de argilas e teor de Boro das formações paleozoicas da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29, 1976, Anais, p.351-379.

RODRIGUES, R. *A geoquímica orgânica na Bacia do Parnaíba*. 1995. 225 p. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, UFRGS, Porto Alegre, 1995.

ROHN, R.; LAGES, L. C.; PENATTI, J. R. Litofácies da Formação Irati no furo de sondagem FP-01-PR (Permiano, borda leste da Bacia do Paraná). In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO & GÁS. 2003, Resumos.

ROHN, R. *The Passa Dois Group (Paraná Basin, Permian): investigations in progress*. In: *Workshop – Problems in the Western Gondwana Geology, South America–Africa Correlations: Du Toit revisited*. Gramado, 2007. Extended Abstracts, Porto Alegre, UFRGS, Petrobras, 2007, v. 1, p. 151–157.

ROSELL, L.; ORTÌ, F.; KASPRZYK, A.; PLAYA, E.; PERYT, T.M. Strontium geochemistry of primary Miocene gypsum: Messinian of southeastern Spain and Sicily and the Badenian of Poland. *Journal Sedimentary Research*, v. 68, p.63-79, 1998.

RÖSLER, O. The Brazilian neogondwanic floral succession. *Boletim do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo*, v. 9, p. 85-91, 1978.

RÖSLER, O.; ROHN, R.; ALBAMONTE, L. Libélula permiana do Estado de São Paulo, Brasil (Formação Irati). In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE PALEONTOLOGIA, 2, Porto Alegre. Anais, 1981, v. 1, p. 221–232.

RUTTENBERG, K. C.; BERNER, R. A. Authigenic apatite formation and burial in sediments from non-upwelling continental margin environment. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 57, p. 991-1007, 1993,.

SANTOS, R.V.; SOUZA, P.A.; ALVARENGA, C.J.S.; DANTAS, E.L.; PIMENTEL, M.M.; OLIVEIRA, C.G.; ARAÚJO, L. M. Shrimp U–Pb zircon dating and palynology of bentonitic layers from the Permian Irati Formation, Paraná Basin, Brazil. *Gondwana Research*, v. 9(4): p. 456- 463, 2006.

SANTOS NETO, E.V. *Caracterização geoquímica e paleoambiente deposicional da sequência carbonato-pelítica superior do Membro Assistência, Formação Irati no Estado de São Paulo, Bacia do Paraná*. 1993. 203 p. Dissertação de Mestrado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1993.

SCHIEBER, J. Possible indicators of microbial mat deposits in shales and sandstones: Examples from the Mid-Proterozoic Belt Supergroup, Montana, U.S.A. *Sedimentary Geology*, v. 120, p. 105-124, 1998.

SCHNEIDER, R. L.; MUHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R. A.; DAEMON, R. F.; NOGUEIRA, A. A. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre. Anais, SBG, 1974, v.1, p. 41-65.

SERAFIM J.G. *Biodegradação dos óleos e sua relação com as fácies sedimentares da região do Anhembi*. 2011. Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

SHAW, D. B.; WEAVER, C. E. The mineralogical composition of shales. *Journal of sedimentary petrology*, v. 35, n.1, p. 213-222, 1965.

SILVA, M. A. M.; SCHREIBER, B. C.; SANTOS, C. L. Evaporitos como recursos naturais. *Revista Brasileira de Geofísica*. v. 18, n.3, p. 123-137, 2000.

SINGER, A.; STOFFERS, P. Clay mineral diagenesis in two east African lake sediments. *Clay Minerals*., v.15, p. 291-307, 1980.

SINGER, A. The paleoclimatic interpretation of clay minerals in sediments — a review. *Earth Science Reviews*, v.21, p. 251–293, 1984.

SLATT, R. M.; O'BRIEN, N. R. Microfabrics related to porosity development, sedimentary and diagenetic processes, and composition of unconventional resource shale reservoir as determined by conventional scanning electron microscopy In: CAMP, W., DIAZ, E., WAWAK, B., eds., *Electron microscopy of shale hydrocarbon reservoir*: AAPG Memoir v.102, p. 115-136, 2013.

SNYDER, G.T.; DICKENS, G.R.; CASTELLINI, D.G. Labile barite contents and dissolved barium concentrations on Blake Ridge: new perspectives on barium cycling above gas hydrates. *J. Geochem. Explor.*, v.95, p. 48-65, 2007.

SOARES, M.B. A taphonomic model for the Mesosauridae assemblage of the Irati Formation (Paraná Basin, Brazil). *Geologica Acta*, v.1, p. 349–361, 2003.

SOUZA, P.A.; MARQUES-TOIGO, M. Progress on the palynostratigraphy of the Permian strata in Rio Grande do Sul State, Paraná Basin, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, n.77, p. 353–365, 2007.

STEIGER, R. P.; LEUNG, P. K. Quantitative determination of the mechanical properties of shales. *SPE Drill Eng.* v.7, p.181–185, 1992.

STOFFERS P.; HOLDSHIP S. Diagenesis of sediments in an alkaline lake: Lake Manyara, Tanzania. *Int. Conf. Sedimentology*, v.7, p. 200-211, 1975.

STRASSER, A.; PITTET, B.; HILLGÄRTNER, H.; PASQUIER, J.-B. Depositional sequences in shallow carbonate-dominated sedimentary systems: concepts for a high-resolution analysis. *Sedimentary Geology*, v. 128, p. 201-221, 1999.

SUGUIO, K. *Rochas sedimentares: propriedades, gênese, importância econômica*. Edgard Blücher, 1980. 500p.

SUGUIO, K., SOUSA, S.H.M. Restos de mesossaurídeos na Formação Corumbataí, Permiano da Bacia do Paraná, no Estado de São Paulo. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v.57 n.3, p. 339–347, 1985.

SURDAM R.C.; PARKER R.B. Authigenic aluminosilicate minerals in the tuffaceous rocks of the Green River Formation, Wyoming. *Geol. Soc. Am. Bull.* v. 83, p. 689, 1972.

SURDAM R.C.; EUGSTER H.P. Mineral reactions in the sedimentary deposits of the Lake Magadi region, Kenya. *Geol. Soc. Am. Bull.* v.87, p. 1739, 1976.

SURDAM R.C.; SHEPPARD R.A. Zeolites in saline, alkaline lake deposits. In: SAND, L.D.; MUMPTON, D.A. (eds). *Natural Zeolites-Occurrences, Properties, Use.*, Pergamon Press, Oxford. 1978.

THOMAZ FILHO A. *Ocorrência de arenito betuminoso em Anhembi (SP) – cubagem e condicionamento geológico*. In: 32.º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Salvador. Anais, 1982, v. 5, p. 2344-2348.

THIRY, M. Paleoclimatic interpretation of clay minerals in marine deposits: an outlook from the continental origin. *Earth Science Review*, v.49, p. 201–221, 2000.

TISSOT, B.P.; WELTE, D.H. Petroleum Formation and Occurrence. *Springer-Verlag*, 1978. 538 p.

UNDERWOOD, L.B. Classification and Identification of Shales. *J. Soil Mechanics & Foundations*, vol. 93, p. 97-116, 1967.

VITAL I.G.C. *Avaliação da intensidade da biodegradação nos arenitos impregnados com óleo, Formação Piramboia, Bacia do Paraná*. 2012. Monografia de Graduação, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

WARREN, J. Evaporites. *Blackwell Science*, Oxford, 1999, 438 p.

WEAVER, C.E. Possible uses of clay minerals in search for oil. *American Association of Petroleum Geologists. Bulletin*, v.44, p.1505-1518, 1960.

WEAVER, C. E. Clays, muds and shales. *Developments in sedimentology*. Amsterdam, 1989, 556 p.

WHITE, I. C. *Relatório sobre as Coal Measures e rochas associadas ao sul do Brasil*. In: Relatório Final da Comissão dos estudos das Minas de carvão de Pedra Brasil, Imprensa Nacional, 1908, parte 1, p.1-300.

WILLIAMS, L. A. *Lithology of the Monterey Formation (Miocene) in the San Joaquin Valley of California*, In: WILLIAMS, L.A.; GRAHAM, S.A., (eds.), *Monterey Formation and Associated Coarse Clastic Rocks, Central San Joaquin basin, California*: SEPM, Pacific Section, Publication. 1982, v. 25, p.17–36.

WINDOM, H. L. *Lithogenous material in marine sediments*. In: RILEY, J.P & CHESTER, R. (eds), *Chemical oceanography*. New York: Academic Press, v. 5, p. 103–135, 1976.

WINKLER, H. G. F. Petrogenesis of metamorphic rocks. *Berlin: Springer*, 1976, 334 p.

WÜST, R. A. J.; NASSICHUK B. R.; MARC BUSTIN R. Porosity characterization of various organic-rich shales from the Western Canadian Sedimentary Basin, Alberta and British Columbia, Canada, In: W. Camp, E. Diaz, and B. Wawak, eds., *Electron microscopy of shale hydrocarbon reservoirs: AAPG Memoir*, v.102, p. 81–100, 2013.

YODER, H.S. The MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O system and the related metamorphic facies. *American journal of science*, v.1, p. 569-627, 1952.

YURETICH, R. F. Possible relationship of stratigraphy and clay mineralogy to source rock potential in lacustrine sequences. In: FLEET, A.J., KELTS, K., TALBOT, M.R. *Lacustrine Petroleum Source Rocks, Geological Society Special Publication*, 1988, n. 40, p. 139-151.

ZALÁN, P. V.; WOLF, S.; CONCEIÇÃO, J.C.; MARQUES, A.; ASTOLFI, M. A.; VIEIRA, I. S.; APPI, V.T.; ZANOTTO, A.; MARQUES, A. Tectonics and sedimentation of the Paraná Basin. In: *Gondwana Seven Proceedings*. Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo, p. 83-117, 1991.

## ANEXO A – Autorização do periódico para publicação

← → ⓘ Não seguro | [www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/jse/about/submissions#privacyStatement](http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/jse/about/submissions#privacyStatement)

### Copyright Notice

The copyright of articles published in Journal of Sedimentary Environments (JSE) belong to their respective authors with rights to first publication conceded to the journal. Every time that the article is cited and reproduced in institutional repositories or personal and professional web pages the link to the journal web page must be provided.



Journal of Sedimentary Environments (JSE) está licenciado com uma Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Compartilha Igual 4.0 Internacional.

### Privacy Statement

The names and addresses of authors are used exclusively for the purpose of publishing the specific issue in which their work appears and are not used for any other purposes or passed on to third parties.

ISSN: 2447-9462

## ANEXO B – Tabelas de classificação dos filossilicatos

Tabela 22 - Classificação dos filossilicatos sem estrutura planar.

| Layer Types          | Modulated component              | Linkage configuration | Unit layer, c sinβ value | Traditional affiliation | Species                                                                                                                |
|----------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modulated structures |                                  |                       |                          |                         |                                                                                                                        |
| 1:1                  | Tetrahedral sheet                | Strips                | 7 Å                      | Serpentine              | Antigorite, bementite,                                                                                                 |
|                      |                                  | Islands               | 7 Å                      | Serpentine              | Greenalite, caryopilite, pyrosmalite, mangapyrosmalite, ferropyrosmalite, friedelite, megillite, schallerite, nelenite |
|                      |                                  | Other                 |                          | None                    | None                                                                                                                   |
| 2:1                  | Tetrahedral sheet                | Strips                | 9,5 Å                    | Talc                    | Minnesotaite                                                                                                           |
|                      |                                  |                       | 12,5 Å                   | Mica                    | Ganophyllite, eggletonite                                                                                              |
|                      |                                  | Islands               | 9,6 - 12,5 Å             | Mica/complex            | Zussmanite, parsettensite, stilpnomelane, ferrostilpnomelane, ferristilpnomelanelennilenapeite                         |
|                      |                                  |                       | Other                    | 12,3 Å                  | None                                                                                                                   |
|                      |                                  | 14 Å                  |                          | Chlorite                | Gonyerite                                                                                                              |
|                      | Octahedral sheets                | Strip                 | 12,7 Å - 13,4 Å          | Pyrobile                | Sepiolite, loughlinitite, falcondoite, palygorskite, yofortierite                                                      |
|                      | Rolled and spheroidal structures |                       |                          |                         |                                                                                                                        |
| 1:1                  | None                             | Troctahedral          | -                        | Serpentine              | Chrysotile, pecoraite                                                                                                  |
|                      |                                  | Dioc tahedral         | -                        | Kaolin                  | Halloysite                                                                                                             |

Fonte: Guggenheim *et al.*, (2006).

Tabela 23 - Classificação dos filossilicatos interestratificados.

| Layer Types                                                     | Group affiliation of layers | Octahedral character          | Species                  |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| Interstratifications of alternating layers in 50-50 proportions |                             |                               |                          |
| 1:1                                                             | None                        |                               |                          |
| 2:1                                                             | Pyrophyllite-smectite       | Diocetahedral- Diocetahedral  | Brinroberstsite          |
|                                                                 | Talc-smectite               | Triocetahedral-triocetahedral | Allietite                |
|                                                                 | Talc-chlorite               | Triocetahedral-triocetahedral | Kulkeite                 |
|                                                                 | Mica-smectite               | Diocetahedral- Diocetahedral  | Rectorite                |
|                                                                 | Biotite-vermiculite         | Triocetahedral-triocetahedral | Hydrobiotite             |
|                                                                 | Chlorite-smectite           | Triocetahedral-triocetahedral | Low charge corrensitite  |
|                                                                 | Chlorite-vermiculite        | Triocetahedral-triocetahedral | High charge corrensitite |
|                                                                 | Chlorite-smectite           | Diocetahedral on average      | Tosudite                 |
| 1:1 and 2:1                                                     | Serpentine-chlorite         | Triocetahedral-triocetahedral | Dozyite                  |

Fonte: Guggenheim *et al.*, (2006).