

As correlações foram auxiliadas pelos perfis elétricos, que se mostraram fundamentais para definição do arcabouço estratigráfico proposto, em especial para os trechos sem dados de testemunhos dos poços B e C. Na figura 56, observa-se, no poço A, que os tratos de expansão do lago das sequências de média escala possuem usualmente maiores valores de raio gama, em especial no que diz respeito ao conteúdo de potássio, que interpreta-se, marcarem o aumento da entrada de material siliciclástico para o interior do lago. Desta forma, espera-se um padrão similar de assinatura do perfil de raio gama para os tratos de lago em expansão de média escala (maior conteúdo de potássio) e de lago em retração de média escala (menor conteúdo de potássio) nos poços B e C.

Utilizando esta lógica, foi possível correlacionar de forma eficaz todas as sequências de média escala nos três poços, além de identificar a presença de um possível trato de sistemas de lago em retração na porção inferior dos poços B e C, caracterizado por valores de raio gama bastante reduzidos, apresentando tratos de fácies de lago em expansão de média escala com espessuras bastante reduzidas. Este intervalo possui assinatura de perfis muito similar ao intervalo imediatamente abaixo da superfície de máxima retração de larga escala identificado no poço A. Por conta da complexidade topográfica vigente durante a deposição da porção inferior do intervalo de estudo, já discutida anteriormente, este trato de fácies não foi registrado na posição do poço A, emersa durante este período.

Outro ponto a se destacar diz respeito ao perfil de ressonância magnética, que indica alto conteúdo argiloso nos poços B e C ao longo de quase todo o intervalo, com exceção da porção superior, estratigraficamente posicionada próxima à superfície de máxima retração de larga escala identificada no poço A, e da porção inferior (especialmente no poço C), interpretada através de perfis elétricos como também estando próxima a uma superfície de máxima retração de larga escala. Interpreta-se que, inicialmente, a deposição na posição dos poços B e C se deu em um ambiente de alta energia, próximo à borda local do lago, e que as taxas de sedimentação superaram as taxas de geração de acomodação, causando a retração progressiva do lago. Ressalta-se que o trato de sistemas de lago em expansão desta sequência de larga escala, referente ao seu intervalo inferior, não foi observado. Este padrão se inverteu após a superfície de máxima retração identificada na porção inferior dos poços B e C, quando o lago iniciou sua expansão, induzida por um clima mais úmido. A borda local do lago avançou sobre o alto

estrutural principal da área, iniciando a deposição de sedimentos onde está localizado o poço A. A expansão do lago continuou até a superfície de máxima expansão de larga escala identificada no poço A. Neste momento, dada a expansão do lago e o aumento de sua lâmina d'água, as regiões onde se localizam os poços B e C passaram a registrar uma sedimentação de baixa energia, caracterizada pela presença dominante de fácies com alto conteúdo argiloso, fato este verificado pela assinatura do perfil de ressonância magnética. Espera-se, portanto, que nos poços B e C, este intervalo estratigráfico seja majoritariamente composto de fácies finas (MUD e ESF) e por material retrabalhado com matriz argilosa. As variações do nível do lago de alta frequência, dada a complexidade do relevo ainda vigente à época, não foram capazes de, sistematicamente, impor condições de alta energia nestas posições. Na região do poço A, por outro lado, a sedimentação se caracterizava pela presença de fácies de mais alta energia, dada a proximidade da borda do lago, com significativa entrada de material oriundo dos altos vulcânicos adjacentes e emersos. Após a superfície de máxima expansão do lago de larga escala, se iniciou um período de expressiva retração do lago, induzida pelo clima cada vez mais árido. Este fato, combinado com a suavização da topografia do substrato do lago, permitiu que as variações do nível do lago de mais alta frequência fossem capazes de impor, sistematicamente, condições energéticas mais altas nas posições dos poços B e C, permitindo a deposição mais frequente de fácies de mais alta energia (ARB e GST), com conteúdo argiloso pouco expressivo.

Com intuito de reforçar do arcabouço estratigráfico aqui proposto, *Fischer-plots* foram confeccionados para os poços B e C, a partir das sequências elementares identificadas em seus perfis sedimentológicos, utilizando a mesma metodologia aplicada no poço A e explicada em detalhe no item 5.5 do presente estudo. Como os poços B e C possuem testemunhos apenas na porção superior do intervalo, enquanto que o poço A possui todo o intervalo amostrado, a média da espessura de todas as sequências elementares identificadas no poço A foi utilizada como valor de referência para o cálculo dos *Fischer-plots* dos poços B e C. Desta forma, a comparação entre os poços se torna possível.

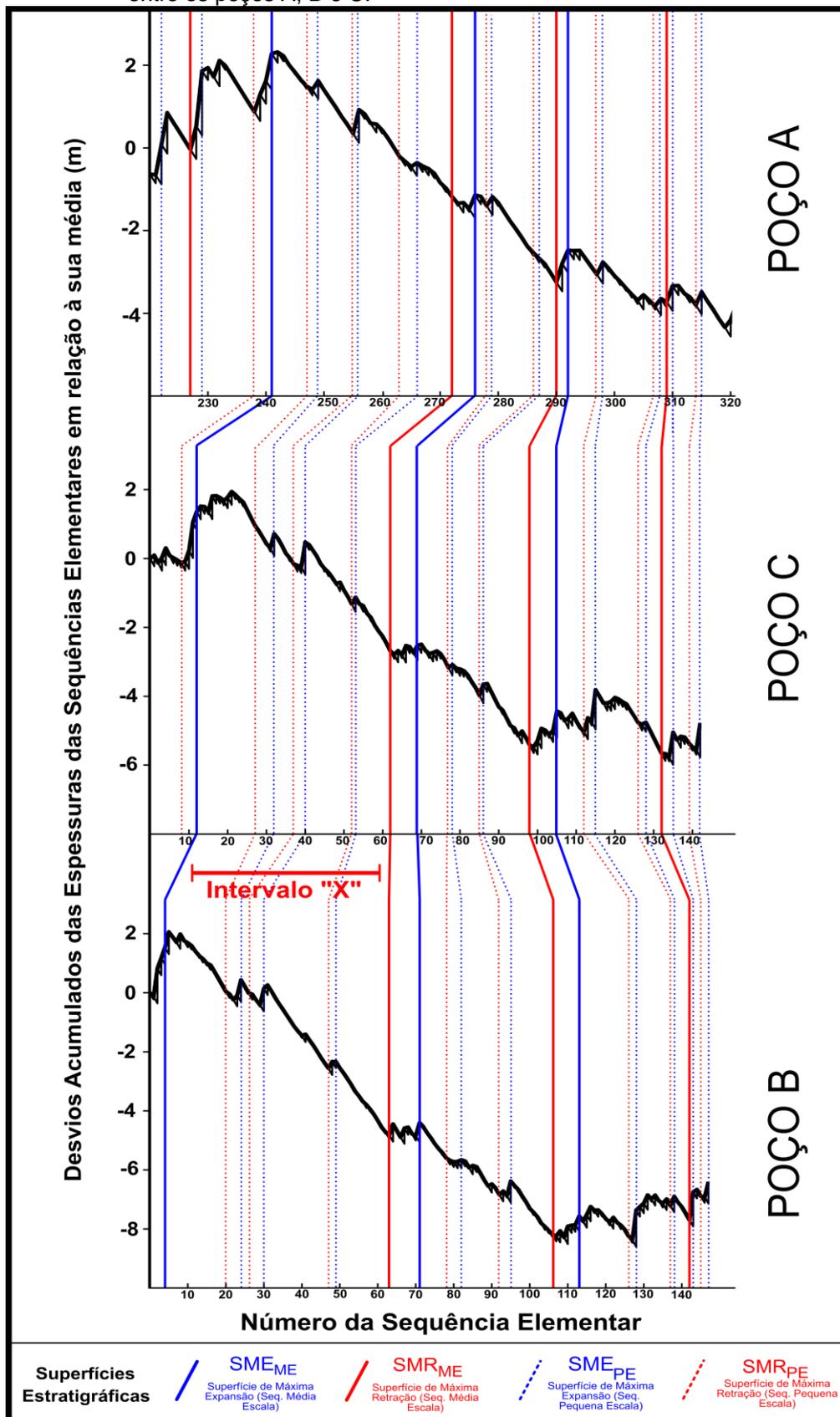
A figura 58 compara os três *Fischer-plots*, ressaltando as superfícies de máxima retração e de máxima expansão das sequências de pequena e média escala que foram identificadas e correlacionadas ao longo do intervalo analisado. Os padrões similares de empilhamento das sequências elementares, sobretudo entre os

poços B e C, evidencia um grau de organização significativo, mesmo com a presença eventual de ruídos associados a processos autocíclicos na escala das sequências elementares.

A rastreabilidade das sequências de pequena escala é reforçada pela figura 59. Apresentam-se em detalhe as correlações estabelecidas entre os poços B e C, distantes mais de 37 km entre si, para um intervalo específico, destacado no *Fischer plot* da figura 58 como intervalo "X". A clara correlação entre as sequências de pequena escala e, também, a constatação de que algumas superfícies, associadas às sequências elementares, também podem ser correlacionadas é notável, especialmente ao considerar a distância entre os poços analisados.

A análise do arcabouço estratigráfico proposto para o intervalo indica fortemente a presença de um sistema oscilatório alóctone, responsável por induzir variações ambientais que, conseqüentemente, promoveram variações nos padrões de empilhamento faciológico - em diversas escalas - ao longo de toda a área estudada. Dada a complexidade dos processos envolvidos na gênese das rochas sob análise e no curto tempo envolvido, as variações do nível do lago de mais alta frequência acabam incorporando em seu registro ruídos (variações faciológicas), que se relacionam seja à herança do relevo herdado, seja a processos autocíclicos de escala local, que diminuem a rastreabilidade operacional das sequências elementares e de pequena escala. Porém, é evidente que o grau de organização observado a partir da análise dos padrões de empilhamento faciológico em posição estrutural distinta e a distâncias de dezenas de quilômetros indica um controle alóctone para todas as sequências identificadas. Neste sentido, os ciclos astronômicos, e as variações climáticas associadas, se tornam o principal sistema oscilatório alóctone capaz de promover, com larga abrangência areal, tais variações.

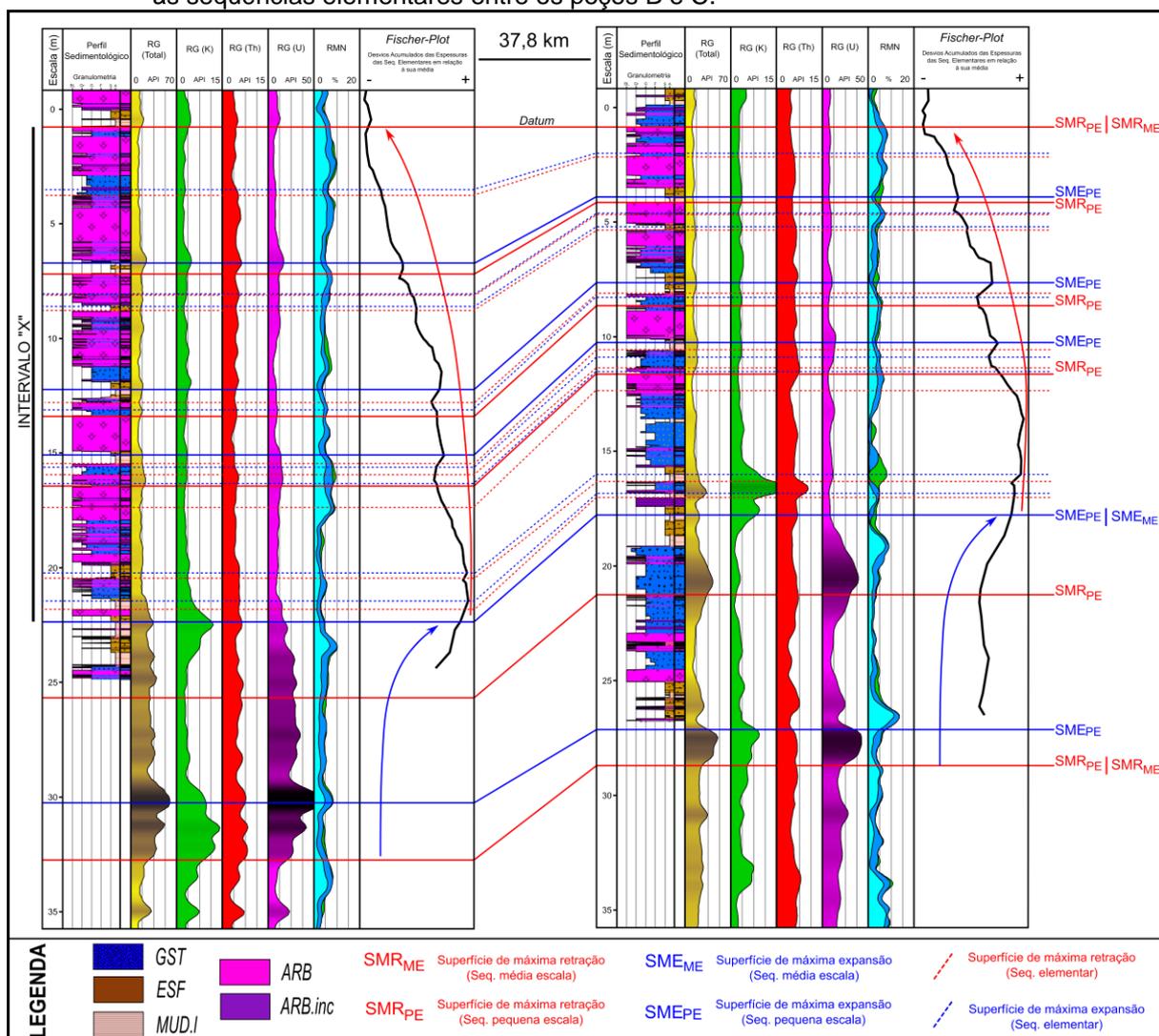
Figura 58 – *Fischer-plots* evidenciando as superfícies estratigráficas correlacionadas entre os poços A, B e C.



Nota: Para o poço A, um zoom do *Fischer-plot* da figura 51 foi feito para permitir a comparação com os poços B e C.

Fonte: O autor, 2018.

Figura 59 – Exemplo de correlação das seqüências de pequena escala e de superfícies associadas às seqüências elementares entre os poços B e C.



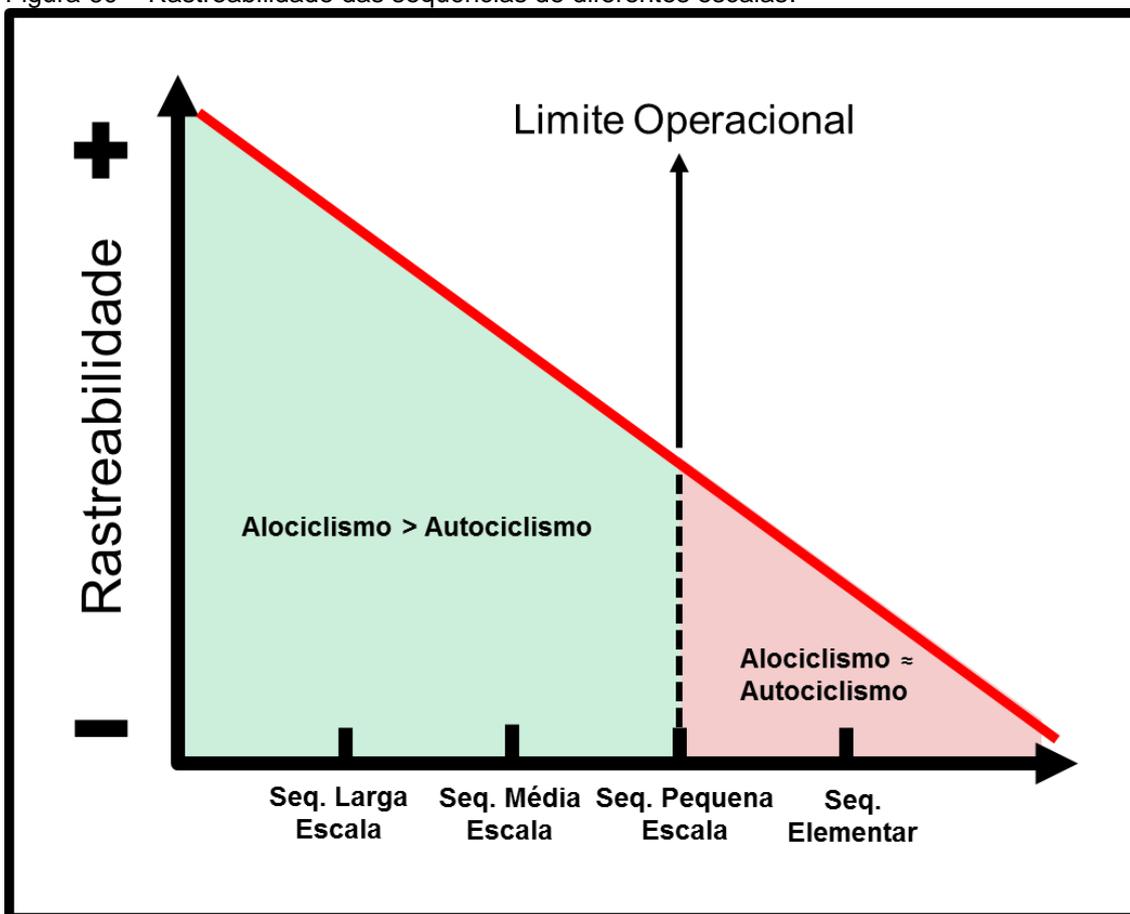
Nota: Os *Fischer-plots* referentes a este intervalo foram redesenhados considerando em seu eixo não mais o número da seqüência elementar, mas sim a sua profundidade, para permitir a comparação com os perfis sedimentológicos e elétricos. Notar a significativa similaridade dos padrões de empilhamento de fácies e da assinatura de perfis elétricos entre os dois intervalos.

Fonte: O autor, 2018.

5.8 Mecanismos de controle das sequências de diferentes escalas

A partir da análise de suas características e do grau de rastreabilidade (Figura 60) e confiabilidade das correlações estabelecidas para as sequências de diferentes escalas aqui descritas, é possível especular sobre os diferentes fatores controladores para a gênese das mesmas (Tabela 8).

Figura 60 – Rastreabilidade das sequências de diferentes escalas.



Fonte: O autor, 2018.

Tabela 8 – Principais características das sequências de diferentes escalas identificadas no presente estudo.

Sequência	Frequência	Escala	Rastreabilidade (Operacional)	Fator Controlador
Sequência Elementar	Altíssima	Decimétrica a Métrica	Não Rastreável sistematicamente	Autociclismo + Alociclismo (Clima)
Sequência de Pequena Escala	Alta	Métrica	Rastreabilidade Limitada (melhor entre os poços B e C)	Alociclismo (Clima)
Sequência de Média Escala	Média	Dezenas de metros	Rastreável ao longo de todo intervalo	Alociclismo (Clima)
Sequência de Larga Escala	Baixa	Centenas de metros	Rastreável ao longo de todo intervalo	Alociclismo (Tectônica + Clima)

Fonte: O autor, 2018.

Deve-se ter em mente, porém, que a rastreabilidade das sequências também é função das ferramentas utilizadas na análise e do conjunto de dados disponível. Neste sentido, ressalta-se a limitação da investigação das rochas aqui estudadas, executada através de testemunhos, o que aumenta a dificuldade para identificação e correlação das sequências e de suas superfícies estratigráficas. Isto ocorre uma vez que não é possível avaliar a geometria e a continuidade das camadas que compõem o intervalo rochoso, ambas comumente realizadas em estudos que envolvem a investigação de afloramentos.

As limitações de rastreabilidade, sobretudo para as sequências de pequena escala, também seriam reduzidas se mais poços, em posições estruturais intermediárias entre os poços estudados, estivessem disponíveis, permitindo avaliar, de forma mais segura, quais as sequências mais afetadas por variações de espessura. Além disso, seria possível identificar as tendências de variação ambiental, para um dado intervalo, registradas em um número maior de pontos ao longo da área de estudo, reforçando o caráter alogênico das sequências identificadas a partir destas variações.

Outro ponto fundamental é que o grau de rastreabilidade tende a variar com o intervalo estratigráfico, função da evolução do perfil paleobatimétrico do lago e da amplitude de variação de seu nível de base. Como exemplo de alto grau de rastreabilidade, cita-se o intervalo superior da seção estudada, associado ao último trato de expansão do lago de larga escala, período em que o lago se encontrava

com relevo bastante plano. Neste intervalo, as variações de lâmina d'água foram registradas de forma equivalente ao longo dos três poços analisados. Como resultado, todas as sequências de pequena escala podem ser facilmente rastreáveis a partir apenas de perfis elétricos. Espera-se, portanto, que as sequências deste intervalo sejam facilmente rastreáveis em escala de bacia ou até mesmo entre bacias distintas.

Por outro lado, como exemplo de um intervalo de difícil correlação, se destaca o intervalo imediatamente abaixo da superfície de máxima retração de larga escala, caracterizada por forte diminuição da acomodação, o que tende a condensar as sequências de pequena e de média escala, sobretudo em posições estruturalmente mais altas da bacia (caso do poço A), pela não deposição de diversas sequências elementares - *missed beats* de Goldhammer et al. (1990) - dificultando a correlação estratigráfica entre poços.

Apesar das dificuldades supracitadas, a correlação dos padrões de empilhamento de fácies nos poços analisados, sobretudo nos poços B e C, permite afirmar com segurança que as sequências de pequena e de média escala são controladas por um sistema oscilatório alóctone. Como estas sequências foram definidas através dos padrões de empilhamento das sequências elementares, é razoável admitir que, apesar dos ruídos associados, a maior parte das variações ambientais que resultaram na construção destas sequências de altíssima frequência tenha sido induzida por um sistema oscilatório alóctone. Caso as sequências elementares fossem resultado de puro autociclismo, a análise de seus padrões de empilhamento em diferentes posições da bacia não iria refletir nenhum grau de organização comparável, inviabilizando a construção de um arcabouço estratigráfico sequencial.

5.8.1 Estimativa de duração de uma sequência de larga escala

Com o intuito de realizar uma estimativa simplificada de tempo de deposição da sequência de larga escala definida no poço A, foi considerado o caráter alogênico – decorrente das variações climáticas induzidas por ciclos astronômicos – das 39 sequências de pequena escala e das 8 sequências de média escala que a

compõem. Desta forma, alguns cenários podem ser formulados e todas as hipóteses serão definidas a partir de premissas assumidas em relação ao provável controle genético das sequências de pequena escala, por terem sido estas as de mais alta frequência cuja rastreabilidade foi verificada.

Deve-se ressaltar que: a) a sequência de larga escala completa identificada no poço A corresponde apenas à porção superior da Formação Barra Velha, que tem estimativa total de duração de 10 Ma, segundo Moreira et al. (2007); b) Ao menos, mais uma sequência de larga escala, identificada na porção inferior dos poços B e C, compõe o intervalo estratigráfico da Formação Barra Velha; c) as durações de tempo dos ciclos astronômicos que serão citadas a seguir foram retiradas de Berger (1978), já tendo sido discutidas no item 5.2 desta dissertação.

A primeira hipótese (hipótese 1) assume que as sequências de pequena escala são controladas por variações climáticas associadas aos ciclos astronômicos de precessão (~ 19 - 23 ka; Tabela 9). O tempo envolvido no desenvolvimento de uma sequência de média escala se situaria assim entre 93 ka e 112 ka, consistente com a duração de um ciclo de excentricidade curta (~ 99 - 123 ka), e a sequência de larga escala teria duração aproximada entre 741 ka e 897 ka. Estimativas a respeito das sequências elementares também podem ser realizadas. A sequência de larga escala é composta por 309 sequências elementares e, desta forma, a duração mínima estimada para cada sequência elementar oscilaria entre 2,4 ka e 2,9 ka, portanto provavelmente associadas a ciclos de escala sub-orbital. Este valor é considerado uma estimativa mínima de tempo, de caráter alocíclico, de sua duração, uma vez que supõe-se que ao menos uma parte das sequências elementares identificadas poderiam estar associadas a fatores autocíclicos.

A segunda hipótese (hipótese 2) assume que as sequências de pequena escala são controladas por variações climáticas associadas aos ciclos astronômicos de obliquidade (~ 41 - 54 ka; Tabela 9). O tempo envolvido no desenvolvimento de uma sequência de média escala se situaria, desta forma, entre 200 ka e 263 ka, e a sequência de larga escala teria duração estimada entre 1599 ka e 2106 ka. Neste caso, as sequências de média escala possuem uma estimativa de tempo inconsistente com qualquer ciclo astronômico conhecido. Desta forma, a única possibilidade das sequências de pequena escala serem controladas por ciclos de obliquidade é que estas estejam afetadas por *missed beats*, ou seja, que diversas sequências de pequena escala não tenham sido registradas na posição analisada.

Uma hipótese alternativa a esta segunda (hipótese 2.1) assume que 20% das sequências de pequena escala tenham sido “perdidas” por este efeito (Tabela 9). Neste cenário o tempo envolvido no desenvolvimento de uma sequência de média escala estaria entre 241 ka e 317 ka, consistente com a duração de um ciclo de excentricidade longa (~ 400 ka), e a sequência de larga escala teria duração estimada entre 1927 ka e 2538 ka. Ainda no cenário 2.1, a duração estimada para cada uma das sequências elementares, considerando que estas seriam também necessariamente afetadas por *missed beats*, varia entre 5,2 ka e 6,8 ka, estando associadas à ciclos de escala sub-orbital.

A terceira hipótese (hipótese 3) assume que as sequências de pequena escala são controladas por variações climáticas associadas aos ciclos astronômicos de excentricidade curta (~ 99 - 123 ka; Tabela 9). O tempo envolvido no desenvolvimento de uma sequência de média escala se situaria entre 483 ka e 600 ka, consistente com a duração de um ciclo de excentricidade longa (~ 400 ka), e a sequência de larga escala teria duração estimada entre 3861 ka e 4797 ka. Estimativas a respeito das sequências elementares também podem ser realizadas. Neste caso, a duração para cada uma das sequências elementares variaria entre 12,5 ka e 15,5 ka, consistentes com variações associadas aos ciclos de precessão (~ 19 - 23 ka).

Não foi considerada a hipótese de as sequências de pequena escala terem sido controladas por ciclos de excentricidade longa (~ 400 ka), uma vez que neste cenário, a sequência de larga escala teria uma estimativa de tempo muito superior à 10 Ma, período de tempo estimado para deposição de toda à Formação Barra Velha (MOREIRA et al., 2007). Além disso, neste caso, a estimativa de duração de uma sequência elementar seria de aproximadamente 50 ka, não condizente com o tempo esperado para uma sequência de altíssima frequência, de escala decimétrica e, que não possui rastreabilidade operacional ao longo do intervalo analisado.

Como existe grande incerteza a respeito do número total de sequências de larga escala que compõem à Formação Barra Velha (mínimo de duas) e do tempo associado à sua deposição (estimado em 10 Ma), se torna difícil descartar qualquer uma das hipóteses apresentadas, com exceção da hipótese 2, uma vez que o tempo associado às sequências de média escala são inconsistentes com qualquer ciclo astronômico reconhecido. Porém, pode-se afirmar, assumindo que a Formação Barra Velha é composta por duas sequências de larga escala, que apenas a

hipótese 3 estaria de acordo com uma duração de 10 Ma para esta formação. Todas as outras hipóteses apontariam para intervalos de tempo mais curtos, inferiores a 6 Ma.

Tabela 9 – Resumo das hipóteses levantadas a respeito do controle astronômico e do tempo envolvido na deposição das sequências de diferentes escalas identificadas.

HIPÓTESE 1						
Seq. Elementar		Seq. Pequena Escala		Seq. Média Escala		Seq. Larga Escala
Controle Astronômico	Duração (ka)	Controle Astronômico	Duração (ka)	Controle Astronômico	Duração (ka)	Duração (ka)
Sub-orbital	~ 2,4 - 2,9	Precessão	~ 19 - 23	Excentricidade (Curta)	~ 93 - 112	~ 741 - 897
HIPÓTESE 2						
Seq. Elementar		Seq. Pequena Escala		Seq. Média Escala		Seq. Larga Escala
Controle Astronômico	Duração (ka)	Controle Astronômico	Duração (ka)	Controle Astronômico	Duração (ka)	Duração (ka)
Sub-orbital	~ 5,2 - 6,8	Obliquidade	~ 41 - 54	?	~ 200 - 263	~ 1599 - 2106
HIPÓTESE 2.1						
Seq. Elementar		Seq. Pequena Escala		Seq. Média Escala		Seq. Larga Escala
Controle Astronômico	Duração (ka)	Controle Astronômico	Duração (ka)	Controle Astronômico	Duração (ka)	Duração (ka)
Sub-orbital	~ 5,2 - 6,8	Obliquidade	~ 41 - 54	Excentricidade (Longa)	~ 241 - 317	~ 1927 - 2538
HIPÓTESE 3						
Seq. Elementar		Seq. Pequena Escala		Seq. Média Escala		Seq. Larga Escala
Controle Astronômico	Duração (ka)	Controle Astronômico	Duração (ka)	Controle Astronômico	Duração (ka)	Duração (ka)
Precessão	~ 12,5 - 15,5	Excentricidade (Curta)	~ 99 - 123	Excentricidade (Longa)	~ 483 - 600	~ 3861 - 4797

Nota: As hipóteses foram formuladas a partir de premissas assumidas quanto ao tempo de duração de uma sequência de pequena escala. Os outros tempos decorrem do número de sequências de pequena escala contidas nas sequências de média e larga escala, e do número de sequências elementares que compõem uma sequência de pequena escala. A hipótese 2.1 considera a presença de *missed beats*, com “perda” de 20% das sequências de pequena escala e, conseqüentemente das sequências elementares.

Fonte: O autor, 2018.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A análise estratigráfica sequencial de alta resolução aplicada aos depósitos da Formação Barra Velha, apresentada neste trabalho, constitui em um primeiro esforço acadêmico no que diz respeito ao entendimento da construção deste intervalo estratigráfico em escala de detalhe, o que conduz às seguintes conclusões:

- a) As rochas da Formação Barra Velha foram depositadas em um ambiente lacustre e alcalino com aporte de material vulcânico oriundo de altos intrabaciais, que propiciou o desenvolvimento de fácies exóticas formadas por argilominerais magnesianos e constituintes calcíticos esferulíticos e arborescentes de origem química e biológica, além de mudstones laminados e grainstones e packstones intraclásticos eventualmente ricos em fragmentos de rochas ígneas;
- b) A interpretação dos processos envolvidos na gênese das diferentes fácies sedimentares, bem como o reconhecimento de superfícies que as limitam, permitiu a formulação de um modelo paleoambiental que subsidiou a identificação de sequências elementares de escala decimétrica, produtos das menores variações ambientais (*latu sensu*) reconhecíveis;
- c) Três tipos de sequências elementares foram identificadas. Seus padrões de empilhamento faciológico foram vinculados às variações do nível do lago, controladas por sua vez por oscilações climáticas. Superfícies de máxima retração e de máxima expansão foram definidas a partir de observações sedimentológicas nas rupturas de fácies, associadas à análise de tendência de seu empilhamento faciológico. Períodos de subida do nível do lago, induzidos por condições climáticas mais úmidas, são propícios para a deposição de fácies de baixa energia (finas/lamosas) e/ou de fácies retrabalhadas intraclásticas, eventualmente ricas em siliciclásticos, constituindo o trato de fácies de lago em expansão. Períodos de descida do nível do lago, induzidos por condições climáticas áridas,

são propícios para a deposição de fácies compostas predominantemente de constituintes arborescentes calcíticos, formando o trato de fácies de lago em retração.

- d) A partir das tendências de variação das proporções de fácies das sequências elementares, sequências de pequena escala foram definidas. Os tratos de fácies de retração do lago das sequências de pequena escala são formados por um conjunto de sequências elementares que apresentam gradualmente maiores proporções de fácies associadas a seus tratos de retração do lago. Os tratos de fácies de expansão do lago das sequências de pequena escala são formados por um conjunto de sequências elementares que gradualmente apresentam maiores proporções de fácies associadas a seus tratos de expansão do lago;
- e) Utilizando a mesma lógica para definição das sequências de pequena escala, foram definidas sequências de média escala e de larga escala, balizadas, respectivamente, pelas variações nas proporções de fácies das sequências de pequena e média escala;
- f) Com base nos padrões de empilhamento de fácies (nas diversas escalas), foi possível propor um modelo deposicional associado aos tratos de expansão e retração de mais baixa frequência. As variações topográficas do lago ao longo do tempo exerceram forte influência sobre os padrões de empilhamento faciológico observados no intervalo analisado, contribuindo muito com as tendências climáticas mais amplas, para a definição de tratos de sistemas que correspondem aos tratos das sequências de larga escala;
- g) As sequências aqui definidas impõem um controle nas características petrofísicas dos intervalos rochosos. Períodos de expansão do lago (nas diversas escalas) promovem o aumento da proporção de fácies finas, de menor porosidade e com maior conteúdo argiloso. Períodos de retração do lago (nas diversas escalas) promovem o aumento da proporção de fácies compostas por constituintes arborescentes, que apresentam maiores porosidades. Além disso, as superfícies de máxima retração do lago

condicionam a ocorrência de alterações diagenéticas, associados às exposições subaéreas, tais como dissolução e carstificação, que promovem a melhoria das características petrofísicas das rochas;

- h) A aplicação de cadeias de Markov, com intuito de verificar quantitativamente as transições faciológicas ao longo do intervalo, permitiu demonstrar a consistência do arranjo faciológico ideal das sequências elementares tipificadas e, em consequência, do modelo paleoambiental proposto, dando maior robustez às análises qualitativas;
- i) Os *Fischer-plots*, confeccionados a partir das espessuras das sequências elementares, se mostraram valiosos tanto para a hierarquização de sequências em diferentes escalas, quanto para as correlações estratigráficas que, conjuntamente com os perfis elétricos, permitiram a construção de um detalhado arcabouço estratigráfico;
- j) A análise da origem e da rastreabilidade (operacional) das sequências de diferentes escalas permitiu formular hipóteses a respeito da natureza e duração de seus mecanismos de controle. As sequências elementares, de escala decimétrica, são produto de oscilações climáticas de altíssima frequência, provavelmente associadas a ciclos astronômicos sub-orbitais ou de precessão, e não possuem rastreabilidade operacional devido a suas gênese (autociclismo) e preservação serem fortemente condicionadas pelas irregularidades do paleorelevo herdado, que não sofre peneplanização em tão curto espaço de tempo. As sequências de pequena escala possuem usualmente alguns metros de espessura, são rastreáveis a depender do intervalo estratigráfico analisado e da disponibilidade de dados de rocha, e constituem-se em produtos de oscilações climáticas de alta frequência, associadas provavelmente a ciclos astronômicos de precessão, obliquidade ou excentricidade (curta). As sequências de média escala possuem dezenas de metros de espessura, e são rastreáveis ao longo de todo intervalo apenas com dados de perfis elétricos, sendo originadas por oscilações climáticas de média frequência, provavelmente

associadas a ciclos astronômicos de excentricidade (curta ou longa). A sequência completa de larga escala identificada no intervalo estudado é interpretada como sendo controlada tanto por oscilações climáticas, quanto por fatores tectônicos, uma vez que a evolução da geometria do lago (paleobatimetria) pode estar associada a mudanças nas taxas de subsidência;

Diante desses resultados, e dado o caráter complexo das rochas analisadas, que ainda possuem diversas incertezas quanto à sua gênese, as próximas etapas para aprimorar o entendimento deste importante intervalo estratigráfico seriam:

- a) Aprofundamento da caracterização das fácies sedimentares identificadas no presente estudo, com intuito de melhorar o entendimento dos principais fatores que controlam sua gênese e distribuição. Para tal, estudos de detalhe em seus principais constituintes – argilominerais magnesianos, esferulitos e arborescências calcíticas – devem ser realizados, utilizando como suporte análises laboratoriais (MEV, DRX, isótopos etc). Para as fácies retrabalhadas, sugere-se um maior detalhamento de suas descrições microscópicas, sobretudo em relação à composição e à seleção dos grãos. Tais estudos auxiliarão sobremaneira a confecção de modelos paleoambientais mais refinados;
- b) Aplicar a mesma metodologia de análise para este intervalo estratigráfico em outras posições da bacia, objetivando averiguar a rastreabilidade das sequências de pequena e média escala ao longo de áreas ainda mais extensas;
- c) Efetuar estudos quimioestratigráficos, com intuito de verificar a consistência do arcabouço estratigráfico proposto, uma vez que os tratos de fácies de lago em expansão e de lago em retração das sequências de média escala – operacionalmente rastreáveis em todo o intervalo - são interpretados como sendo produtos de variações climáticas vinculadas a ciclos orbitais;
- d) Sugere-se, com base em uma fina calibração cicloestratigráfica, a revisão do enquadramento cronológico de todo o intervalo da

Formação Barra Velha, inclusive correlacionando com depósitos de mesma idade em outras bacias (ex. Formação Macabu da Bacia de Campos);

Finalmente, conclui-se que a análise estratigráfica sequencial de alta resolução aplicada aos depósitos da Formação Barra Velha se mostrou eficaz para a identificação de sequências, em diferentes escalas, permitindo a proposição de um modelo de evolução genética e de um arcabouço estratigráfico em escala de detalhe para o intervalo analisado, avanços fundamentais para a caracterização e a modelagem de reservatórios de hidrocarbonetos. Desta forma, verifica-se que a metodologia aqui desenvolvida possui alta aplicabilidade, inclusive industrial.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F.F. et al. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth-Science Reviews*. v. 17, n. 1-2, p. 1–29, 1981.
- ARAI, M. Paleogeografia do Atlântico Sul no Aptiano/Albiano (Eocretáceo): perspectiva paleontológica. *Brazilian Journal of Geology*, 44(2), p. 339-350, 2014.
- ASMUS, H.E.; PORTO, R. Classificação das bacias sedimentares brasileiras segundo a tectônica de placas. In: Congresso Brasileiro de Geologia, Belém, v. 26, p. 67-90, 1972.
- BAHNIUK, A. M. et al. Development of microbial carbonates in the Lower Cretaceous Codó Formation (north-east Brazil): Implications for interpretation of microbialite facies associations and palaeoenvironmental conditions. *Sedimentology* 62, p. 155–181, 2015.
- BALDWIN, B. Ways of deciphering compacted sediments. *J. Sediment. Petrol.* 41, p. 293-301, 1971.
- BECK, R.; ANDREASSEN, J.P. Spherulitic Growth of Calcium Carbonate. *Crystal, Growth and Design*. Vol.10, p. 2934-2947, 2010.
- BENTO FREIRE, E. Caracterização estratigráfica em alta resolução das sequências calcárias de origem microbiana do intervalo paleocênico da Formação Yacoraite (Sequência Balbuena IV) na região de Salta – Argentina. Rio de Janeiro, 2012. Mestrado em Geologia – Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.
- BEERBOWER, J.R. Cyclothems and cyclic depositional mechanisms in alluvial plain sedimentation. *Kansas Geol. Survey Bull.* V. 169, n.1, p. 31-42, 1964.
- BERGER, A. Long-Term Variations of Caloric Insolation Resulting from the Earth's Orbital Elements. *Quaternary Research* 9, p. 139-167, 1978.
- BERGER, A. Milankovitch theory and climate, *Rev. of Geophys.*, 26, p. 624-657, 1988.
- BERGER, A.; LOUTRE, M.F.; DEHANT, V. Influence of the changing lunar orbit on the astronomical frequencies of Pre-Quaternary insolation patterns. *Paleoceanography*, 4, p. 555-564, 1989.
- BLACK, M. The algal sediments of Andros Islands, Bahamas. *The Royal Society of London*, p. 165-192, 1933.
- BOHACS, K.M. et al. Lake-Basin Type, Source Potential, and Hydrocarbon Character: an Integrated Sequence-Stratigraphic-Geochemical Framework. In: GIERLOWSKI-KORDESCH, E.; KELTS, K. (eds) *Lake basins through space and*

time. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists Studies in Geology, v.46, p. 3-37, 2000.

BOHACS, K.M.; CARROLL, A.R.; NEAL, J.E. Lessons from large lake systems - Thresholds, nonlinearity, and strange attractors. In: CHAN, M.A.; ARCHER, A.W. (eds) Extreme depositional environments: Mega end members in geologic time: Boulder, Colorado, Geological Society of America Special Paper 370, p. 75–90, 2003.

BONTOGNALI, T.R.R. et al. Dolomite formation within microbial mats in the coastal sabkha of Abu Dhabi (United Arab Emirates). *Sedimentology* 57, p. 824-844, 2010.

BORKA, S. Markov chains and entropy tests in genetic-based lithofacies analysis of deep-water clastic depositional systems. *Open Geosci*; 8, p.45–51, 2016.

BUCKLEY, J.P.; BOSENCE, D.; ELDERS, C. Tectonic setting and stratigraphic architecture of an Early Cretaceous lacustrine carbonate platform, Sugar Loaf High, Santos Basin, Brazil. In: BOSENCE, D. W. J. et al. (eds) *Microbial Carbonates in Space and Time: Implications for Global Exploration and Production*. Geological Society, London, Special Publications, 418, p.175–191, 2015.

BUCZYNSKI, C.; CHAFETZ, H.S. Habit of bacterially induced precipitates of calcium carbonate. In: REZAK, R.; LAVOIE D. L. (eds) *Carbonate Microfabrics*, p. 105-116, Springer, New York, 1993.

BUENO, G.V. Diacronismo de eventos no rifte Sul-Atlântico. *B. Geoci. Petrobras*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 2, p. 203-229, 2004.

BURGESS, P.M. Identifying ideal stratigraphic cycles using a quantitative optimization method. *Geology*; v. 44, n. 6, p. 443–446, 2016.

CAINELLI, C.; MOHRIAK, W.U. Some remarks on the evolution of sedimentary basins along the Eastern Brazilian continental margin. *Episodes* 22, p. 206–216, 1999.

CALVO, J.P. et al. Authigenic clay minerals in continental evaporitic environments. *Special Publication IAS*, v. 27, IAS, p. 129-151, 1999.

CARMINATTI, M.; WOLFF, B.; GAMBOA, L. New exploratory frontiers in Brazil, In: 19th World Petroleum Congress, Spain, 2008.

CATUNEANU, O. *et al.* Sequence Stratigraphy: Methodology and Nomenclature. *Newsletters on Stratigraphy*, Stuttgart, v.44, n.3, p. 173-245, 2011.

CATUNEANU, O. *Principles of Sequence Stratigraphy*. 1 ed. Amsterdam: Elsevier, v. 1, 375 págs, 2006.

CATUNEANU, O.; ZECCHIN, M. High-resolution sequence stratigraphy of clastic shelves II: Controls on sequence development. *Marine and Petroleum Geology* 39, p. 26-38, 2013.

- CERALDI, T.S.; GREEN, D. Evolution of the South Atlantic lacustrine deposits in response to Early Cretaceous rifting, subsidence and lake hydrology. In: CERALDI, T.S.; HODGKINSON, R.A.; BACKE, G. (eds) Petroleum Geoscience of the West Africa Margin. Geological Society, London, Special Publications, 438 págs, 2016.
- CERLING, T.E. Chemistry of closed basin lake waters: a comparison between African Rift Valley and some central North American rivers and lakes. In: GIERLOWSKI-KORDESCH, E.H; KELTS, K. (eds) The Global Geological Record of Lake Basins. Cambridge University Press, Cambridge, 1, p. 29-30, 1994.
- CHAFETZ, H.S.; FOLK, R.L. Travertines: depositional morphology and the bacterially constructed constituents. *Journal of Sedimentary Petrology*, 54, p. 289-316, 1984.
- CHAFETZ, H.S.; GUIDRY, S.A. Bacterial shrubs, crystal shrubs, and ray-crystal shrubs: bacterial vs. abiotic precipitation. *Sedimentary Geology* 126, p. 57–74, 1999.
- CHANG, H.K. et al. Tectonics and stratigraphy of the East Brazil Rift system: an overview. *Tectonophysics*, 213, p. 97-138, 1992.
- CHANG, H.K. et al. Sistemas petrolíferos e modelos de acumulação de hidrocarbonetos na Bacia de Santos. *Revista Brasileira de Geociências*, 38 (2 - suplemento), p. 29-46, 2008.
- COATES, G.R.; XIAO, L.Z.; PRAMMER, M.G. NMR logging principles and applications. Houston (Texas): Gulf Publishing Company, 1999.
- CORDANI, U.G. et al. The significance of the Transbrasiliiano-Kandi tectonic corridor for the amalgamation of West Gondwana. *Braz. J. Geol.* 43, p. 583–597, 2013.
- CROLL, J. *Climate and Time in their Geological Relations*. Appleton, New York, N.Y, 1875.
- DARRAGI, F.; TARDY, Y. Authigenic trioctahedral smectites controlling pH, alkalinity, silica and magnesium concentrations in alkaline lakes. *Chemical Geology*, 63, p. 59–72, 1987.
- DAVISON, I.; ANDERSON, L.; NUTTALL, P. Salt deposition, loading and gravity drainage in the Campos and Santos salt basins. In: Alsop, G.I.; Archer, S. G., Hartley, A. J.; Grant, N. T.; Hodgkinson, R. (eds) 2012. *Salt Tectonics, Sediments and Prospectivity*. Geological Society, London, Special Publications, 363, p. 159–173, 2012.
- DE BOER, P.L.; SMITH, D.G. *Orbital Forcing and Cyclic Sequences*. Spec. Publ. Int. Assoc. Sedimentol. 19, 559 págs, 1994.
- DEMICCO, R.V.; HARDIE, L.A. *Sedimentary structures and early diagenetic features of shallow marine carbonate deposits*. 1 ed. Tulsa: Society for Sedimentary Geology, Atlas 1, 265 págs, 1994.

DIAS, J.L. Tectônica, estratigrafia e sedimentação no Andar Aptiano da margem leste brasileira. B. Geoci. Petrobras, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, p. 7-25, 2005.

DOKTOR, M.; KRAWCZYK, A.; MASTEJ, W. Testing the randomness of lithostratigraphic successions with the Markov Chain methods. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 80, p. 163-166, 2010.

DOROBK, S. et al. Carbonate Rock-Forming Processes in the Pre-salt “Sag” Successions of Campos Basin, Offshore Brazil: Evidence for Seasonal, Dominantly Abiotic Carbonate Precipitation, Substrate Controls, and Broader Geologic Implications. In: AAPG Search and Discovery Article AAPG HEDBERG CONFERENCE “Microbial carbonate reservoir characterization”. Houston, Texas, 3-8 June, 2012.

DOVETON, J.H. An application of Markov Chain analysis to the Ayrshire coal measures succession. *Scott. J. Geol.* 7, p.11-27, 1971.

DUNHAM, R.J. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: HAM, W.E. (Ed.) *Classification of carbonate rocks*. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists, Memoir 1, p.108-122, 1962.

DUPRAZ, C. et al. Processes of carbonate precipitation in modern microbial mats. *Earth-Science Reviews*, Amsterdam, v.96, n.3, p. 141-162, 2009.

EINSELE, G.; RICKEN, W.; SEILACHER, A. Cycles and events in stratigraphy, basic concepts and terms. In: EINSELE, G.; RICKEN, W.; SEILACHER, A. (eds) *Cycles and Events in Stratigraphy*: Springer, Berlin, p. 1-19, 1991.

EMBRY, A.F.; JOHANNESSEN, E.P. T-R sequence stratigraphy, facies analysis and reservoir distribution in the uppermost Triassic-Lower Jurassic successions, western Sverdrup Basin, Arctic Canada. In: VORREN, T.O. (eds.) *Arctic Geology and Petroleum Potential*. Norwegian Petroleum Society (NPF), Special Publication, n.2, 1992.

EVAIN, M. et al. Deep structure of the Santos Basin-São Paulo Plateau System, SE Brazil, *J. Geophys. Res. Solid Earth*, 120, p. 5401–5431, 2015.

FISCHER, A.G. The Lofer cyclothems in the Alpine Triassic *Kansas Geol. Surv. Bull*, 169, p. 107-149, 1964.

FREITAS, R.T.J. Ciclos deposicionais evaporíticos da bacia de Santos: uma análise cicloestratigráfica a partir de dados de 2 poços e de traços de sísmica. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 2006.

GALLOWAY, W.E. Genetic stratigraphic sequences in basin analysis I: Architecture and genesis of flooding-surface bounded depositional units. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, Tulsa, v.73, p. 125-142, 1989.

GARCIA-RUIZ, J.M. Geochemical scenarios for the precipitation of biomimetic inorganic carbonates. In: GROTZINGER, J.P.; JAMES, N.P. (eds) *Carbonate*

Sedimentation and Diagenesis in the Evolving Precambrian World. Society for Sedimentary Geology, Special Publications, Tulsa, OK, USA, 67, p. 75-89, 2000.

GIBSON, S.A.; THOMPSON, R.N.; DAY, J.A. Timescales and mechanisms of plume–lithosphere interactions: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology and geochemistry of alkaline igneous rocks from the Paraná–Etendeka large igneous province. *Earth and Planetary Science Letters* 251, p. 1–17, 2006.

GILBERT, G.K. Sedimentary measurement of Cretaceous time. *J. Geol.*, 3, p. 121-127, 1895.

GINGERICH, P.D. Markov analysis of cyclic alluvial sediments. *J. Sed. Petrology*, 39, p. 330-332, 1969.

GOLDHAMMER, R.K. Compaction and decompaction algorithms for sedimentary carbonates. *Journal of Sedimentary Research*, vol. 67, n.1, p. 26-35, 1997.

GOMES, P.O.; PARRY, J.; MARTINS, W. The Outer High of the Santos Basin, Southern São Paulo Plateau, Brazil: Tectonic Setting, Relation to Volcanic Events and Some Comments on Hydrocarbon Potential. AAPG, Hedberg Conference, September 8-11, Stavanger, Norway, 2002.

GOMES, P.O. et al. Tectonic Evolution of the Outer High of Santos Basin, Southern São Paulo Plateau, Brazil, and Implications for Hydrocarbon Exploration. In: D. Gao, ed., *Tectonics and sedimentation: Implications for petroleum systems: AAPG Memoir 100*, p. 125-142, 2012.

GOODMAN, L.A. The analysis of cross-classified data: independence, quasi-independence, and interactions in contingency tables with or without missing entries. *Journal of the American Statistical Association*. v.63, n. 324, p. 1091-1131, 1968.

HEILBRON, M.L. et al. Província Mantiqueira. In: V.M. Mantesso-Neto, A. Bartorelli, C.D.R. Carneiro & BritoNeves, B.B. (orgs.). *Geologia do Continente Sul-Americano*. São Paulo, Editora Beca, p. 203-234, 2004.

HERLINGER, R. Controles deposicionais e diagenéticos das propriedades petrofísicas dos reservatórios Aptianos/Barremianos do Grupo Lagoa Feia no norte da Bacia de Campos. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2016.

HILLGARTNER, H.; STRASSER, A. Quantification of high-frequency sea-level fluctuations in shallow-water carbonates: an example from the Berriasian-Valanginian (French Jura). In: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 200, p. 43-63, 2003.

HUSINEC, A.; BASCH, D.; ROSE, B. FISCHERPLOTS: An Excel Spreadsheet for Computing Fischer Plots of Accommodation Change in Cyclic Carbonate Successions in both the Time and Depth Domains. *Computers & Geosciences*, 34(3), p. 269–277, 2008.

HERSCHEL, J.F.W. On the geological causes which may influence geological phaenomena, *Geol. 'Itans.*, 3, p.293-299, 1830.

KARNER, G.D.; GAMBÔA, L.A.P. Timing and origin of the South Atlantic pre-salt sag basins and their capping evaporates. *Geological Society, London, Special Publications*, v.285, p. 15-35, 2007.

KENDALL, A.C. Fascicular-optic calcite: a replacement of bundled acicular carbonate cements. *J. Sediment. Petrol.* 47, p. 1056-1062, 1977.

KUKLA, P.A.; STROZYK, F.; MOHRIAK, W.U. South Atlantic salt basins – Witnesses of complex passive margin evolution, *Gondwana Research*, 2017.

LOCK, R. H. et al. *Estatística: revelando o poder dos dados*. Tradução de Ana Maria Lima de Farias, Vera Regina Lima de Farias e Flores. 1 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

MARKOV, A.A. Primer statisticheskogo issledovaniya nad tekstom “Evgeniya Onegina”, *illyustriruyuschij svyaz' ispytanij v cep'*, *Izvestija Akademii nauk*, VI seriya 7 (93), p. 153–162, 1913.

MASTEJ, W.; BARTUS, T.; RYDLEWSKI, J. Analysis of lithofacies cyclicity in the Miocene Coal Complex of the Bełchatów lignite deposit, southcentral Poland. *Geologos* 21, 4, p. 285–302, 2015.

MEISLING, K.E.; COBBOLD, P.R.; MOUNT, V.S. Segmentation of an obliquely rifted margin, Campos and Santos basins, southeastern Brazil. *AAPG Bulletin*, v. 85, n. 11, p. 1903–1924, 2001.

MEISTER, P. et al. Magnesium inhibition controls spherical carbonate precipitation in ultrabasic springwater (Cedars, California) and culture experiments. In: REITNER, J; QUERIC, N.-V; ARP, G. (eds) *Advances in Stromatolite Geobiology*. Springer, Berlin, p. 101-121, 2011.

MERCEDES-MARTÍN, R. et al. Growing spherulitic calcite grains in saline, hyperalkaline lakes: experimental evaluation of the effects of Mg-clays and organic acids. In: *Sedimentary Geology* 335, p.93–102, 2016.

MILANI, E.J. et al. Bacias sedimentares brasileiras: Cartas estratigráficas - Introdução. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 15(2), p. 183-198, 2007.

MILANKOVITCH. Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem. *Académie royale serbe, Edição Especial*, Belgrade, v.132, 1941.

MILLOT, G. *Geology of Clays*. Springer, London, 425 págs, 1970.

MOHRIAK, W.U. South Atlantic Ocean Salt Tectonics, Volcanic Centers, Fracture Zones and their relationship with the origin and evolution of the South Atlantic Ocean: geophysical evidence in the Brazilian and West African margins. In: *7th International Congress of the Brazilian Geophysical Society*, 2001.

MOHRIAK, W. U. et al. Crustal architecture of South Atlantic volcanic margins. In: MENZIES, M. A. et al. (eds) *Volcanic Rifted Margins*. Geological Society of America Special Papers, 362, p. 159-202, 2002.

MOHRIAK, W. U.; NEMCOK, M.; ENCISO, G. South Atlantic divergent margin evolution: rift-border uplift and salt tectonics in the basins of SE Brazil. P. 365-398. *Geological Society, London, Special Publications*, v.294, 2008.

MOREIRA, J.L.P. et al. Bacia de Santos. *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 531-549, maio/nov. 2007.

MOULIN, M.; ASLANIAN, D.; UNTERNEHR, P. A new starting point for the South and Equatorial Atlantic Ocean. *Earth-Science Reviews* 98, p. 1–37, 2010.

OJEDA, H.A.O.; CESERO, P. Bacias de Santos e Pelotas - geologia e perspectivas petrolíferas. Rio de Janeiro: Petrobras, Comunicação Interna, 50 págs, 1973.

PEDRINHA, S. Análise estratigráfica em depósitos lacustres maastrichtianos da Formação Yacoraite (Bacia de Salta – Argentina): definição e rastreabilidade de sequências de alta resolução. 2014, 150 f, Dissertação (Mestrado em Geologia Regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2014.

PEREIRA, M.J.; FEIJÓ, F.J. Bacia de Santos. *Estratigrafia das Bacias Sedimentares do Brasil*. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 8, p. 219-234, 1994.

PEREIRA, M.J.; MACEDO, J.M. A Bacia de Santos: perspectivas de uma nova província petrolífera na plataforma continental sudeste brasileira. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 4, p. 3-11, 1990.

POSAMENTIER, H.W.; JERVEY, M.T.; VAIL, P.R. Eustatic controls in clastic deposition I – Conceptual framework. In: WILGUS, C.K. et al. (eds.) *Sea Level Changes – An Integrated Approach*. SEPM Special Publication, n.42, p. 109-124, 1988.

POTTER, P.E.; BLAKELY, R.F. Random processes and lithologic transitions: *Jour. Geology*, v. 76, n.2, p. 154-170, 1968.

POWERS, D.W.; EASTERLING, R.D. Improved methodology for using embedded Markov Chains to describe cyclical sediments. In: *Journal of Sedimentary Petrology*, Vol. 52, N.3, p. 913-923, 1982.

QUIRK, D.G. et al. Salt tectonics on passive margins: examples from Santos, Campos and Kwanza basins. *Geological Society, London, Special Publications*, v.363, p. 207-244, 2012.

RABINOWITZ, P.D.; LABRECQUE, J. The Mesozoic South Atlantic Ocean and evolution of its continental margins. *J. Geophys. Res.* 84, p. 5973-6002, 1979.

RAINEY, D.K.; JONES, B. Abiotic versus biotic controls on the development of the Fairmont Hot Springs carbonate deposit, British Columbia, Canada. *Sedimentology* 56, p.1832–1857, 2009.

READ, L.F.; GOLDHAMMER, R.K. Use of Fischer plots to define third-order sea-level curves in Ordovician peritidal cyclic carbonates, Appalachians. *Geology* 16, p. 895-899, 1988.

READ, W.A. Analysis and simulation of Namurian sediments in central Scotland using a Markov-Processes model. *Mathematical Geology* 1, p. 199-219, 1969.

READING, H.G.; LEVELL, B.K. Controls on the sedimentary rock record. In: READING, H.G. (Ed.) *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*. Blackwell Science, Oxford, p. 5–36, 1996.

RIGOTI, C.A. Evolução tectônica para a Bacia de Santos com ênfase na geometria crustal: Interpretação integrada de dados de sísmica de reflexão e refração, gravimetria e magnetometria. Dissertação (Mestrado em Análise de Bacias e Faixas Móveis) – Faculdade de Geologia, Centro de Tecnologia e Ciências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

SALLER, A. et al. Presalt stratigraphy and depositional systems in the Kwanza Basin, offshore Angola. *AAPG Bulletin*, v. 100, no. 7, p. 1135–1164, 2016.

SANCHEZ-NAVAS, A. et al. Crystal-growth behavior in Ca-Mg carbonate bacterial spherulites. *Crystal Growth and Design*, 9, p. 2690-2699, 2009.

SCHOLLE, P.A.; ULMER-SCHOLLE D.S. *A Color Guide to the Petrography of Carbonate Rocks: Grains, textures, porosity, diagenesis*: Tulsa, OK, American Association of Petroleum Geologists Memoir 77, 474 págs, 2003.

SCHWARZACHER, W. *Cyclostratigraphy and the Milankovitch Theory*. *Dev. Sedimentol.* 52, Elsevier, Amsterdam, 225 págs, 1993.

SCOTESE, C.R. *Atlas of Earth history*. Arlington, TX: PALEOMAP Project, 52 p, 2001.

SELLEY, R.C. *Ancient sedimentary environments* 04.ed. Londres: Chapman & Hall; 300 págs, 1996.

SLOMKA, T.; SLOMKA, E. Sequences of the lithofacies and depositional intervals in the Godula beds of the Polish outer Carpathians. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, v. 71, p. 35-42, 2001.

SMITH, W.H.F.; SANDWELL, D.T. *Global Sea Floor Topography from Satellite Altimetry and Ship Depth Soundings*: *Science*, v. 277, p. 1956–1962, 1997.

SPADAFORA, A. et al. Microbial biomineralization processes forming modern Ca:Mg carbonate stromatolites. *Sedimentology*, 57, p. 27-40, 2010.

- STICA, J.M.; ZALÁN, P.V.; FERRARI, A.L. The evolution of rifting on the volcanic margin of the Pelotas Basin and the contextualization of the Paraná-Etendeka LIP in the separation of Gondwana in the South Atlantic. *Marine and Petroleum Geology* 50, p. 1-21, 2014.
- STRASSER, A. et al. Depositional sequences in shallow carbonate-dominated sedimentary systems: concepts for a high-resolution analysis. *Sedimentary Geology*, Amsterdam, v.128, p. 208-221, 1999.
- STRASSER, A.; HILGEN F.J.; HECKEL P.H. Cyclostratigraphy - concepts, definitions, and applications, *Newsletters Stratigraphy*, 42, p. 75–114, 2006.
- TERRA, G.J.S. et al. Classificação de rochas carbonáticas aplicáveis às bacias sedimentares brasileiras. *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, v.18, n.1, p. 9-29, 2010.
- TEWARI, R.C.; SINGH, D.P.; KHAN, Z.A. Application of Markov chain and entropy analysis to lithologic succession – an example from the early Permian Barakar Formation, Bellampalli coalfield, Andhra Pradesh, India. *J. Earth Syst. Sci.* 118, n. 5, p. 583–596, 2009.
- TORSVIK, T.H.; ROUSSE, S.; LABAILS, C.; SMETHURST, M.A. A new scheme for the opening of the South Atlantic Ocean and the dissection of an Aptian salt basin. *Geophys. J. Int.* 177, p. 1315–1333, 2009.
- TOSCA, N.J.; MASTERSON, A. L. Chemical controls on incipient Mg-silicate crystallization at 25°C: Implications for early and late diagenesis. *Clay Minerals* 49, p. 165–194, 2014.
- TOSCA, N.J. Geochemical pathways to Mg-clay formation. In: POZO, M.; GALAN, E. (eds) *Magnesian Clays: Characterization, Origins and Applications*. AIPEA (Association Internationale pour l'Etude des Argiles), Special Publications, 2, p. 283–329, 2015.
- TOSCA, N.J.; WRIGHT, V.P. Diagenetic pathways linked to labile Mg-clays in lacustrine carbonate reservoirs: a model for the origin of secondary porosity in the Cretaceous pre-salt Barra Velha Formation, offshore Brazil. In: ARMITAGE, P.J.; BUTCHER, A.R.; CHURCHILL, J.M.; CSOMA, A.E.; HOLLIS, C.; LANDER, R.H.; OMMA, J.E.; WORDEN, R. H. (eds) *Reservoir Quality of Clastic and Carbonate Rocks: Analysis, Modelling and Prediction*, 2015.
- VAIL, P.R. et al. An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions. In: PAYTON, C.E. (ed.) *Seismic Stratigraphy – Applications to Hydrocarbon Exploration*. Tulsa: AAPG, Memoir 26n, p. 49-212, 1977.
- VAN WAGONER, J.C. et al. An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions. In: WILGUS, C.K. et al. (eds.) *Sea Level Changes – An Integrated Approach*. SEPM Special Publication, n.42, p. 39-45, 1988.

VERRECCHIA, E.P. et al. Spherulites in calcrete laminar crusts: biogenic CaCO₃ precipitation as a major contributor to crust formation. *Journal of Sedimentary Research*, vol. A65, no.4, p. 690-700, 1995.

WALKER, R.G. General Introduction: Facies, Facies Sequences and Facies Models. In Walker, R.G. (ed.) *Facies Models*. Geological Association of Canada, Geoscience Canada, Reprint Series 1, p. 1-10, 1984.

WENTWORTH, C.K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *The Journal of Geology*, Chicago, v.30, n.5, p. 377-392, 1922.

WRIGHT, V.P.; BARNETT, A.J. An abiotic model for the development of textures in some South Atlantic early Cretaceous lacustrine carbonates. In: Bosence, D. W. J., Gibbons, K. A., Le Heron, D. P., Morgan, W. A., Pritchard, T. & Vining, B. A. (eds) *Microbial Carbonates in Space and Time: Implications for Global Exploration and Production*, 2015.

WRIGHT, V.P. Lacustrine carbonates in rift settings: the interaction of volcanic and microbial processes on carbonate deposition. In: GARLAND, J; NEILSON, J.E; LAUBACH, S.E; WHIDDEN, K.J. (eds) *Advances in carbonate exploration and reservoir analysis*. Geological Society, London, Special Publications, 370, p. 39-47, 2012.

WU, H. et al. Milankovitch and sub-Milankovitch cycles of the early Triassic Daye Formation, South China and their geochronological and paleoclimatic implications. *Gondwana Research* 22, p. 748-759, 2012.