



BIOMARCADORES SATURADOS EM ÓLEOS DA BACIA SERGIPE-ALAGOAS BRASIL: DISTRIBUIÇÃO E CONCENTRAÇÃO

Lima, D. I.¹, Lima, S. F.¹, Silva, V. V.¹, Sant'Ana, A. E. G.¹, Rebouças L. M. C.^{1*}

¹Departamento de Química, CCEN
Universidade Federal de Alagoas
Maceió, AL CEP 57072-970, Brazil
*E-mail: lmcr@qui.ufal.br

Recebido em Janeiro de 2006, aprovado para publicação em Novembro de 2006

ABSTRACT

On the basis of the distribution and abundance of normal, the examined oils were classified in four groups. The first group of samples (group i) includes the oils A and B, with relatively large amounts of n-alkanes. The oils C and D represent group ii, with the contents of n-alkanes in two maximum at n-C₁₇ and n-C₂₅. In the oils E and F, group iii, lower molecular n-alkanes are the most abundant in the samples, n-C₁₅ as the major compound. The last group iv, oils G and H, show the n-alkanes detectable at trace and the isoprenoids pristane and phytane as the major compounds in the oils. This n-alkanes distribution indicates that biodegradation has not occurred to samples from A to F, contrary to the samples G and H that are biodegraded. The tricyclic and triterpenoids, m/z 191, show mainly the 17 α (H), 21 β (H)-hopane series ranging from C₂₇ to C₃₅. The crude oil samples A-B and G-H have relatively high tricyclic terpane indices, suggesting marine source. Gammacerane was present in all the studied samples, but in high amounts in the G-H oils. The distribution of tetracyclic steranes studied by RIC, m/z=217, showed that the most abundant tetracyclic components in the non-biodegraded oils are the C₂₇ steranes. Crude oils A-B and G-H exhibit abundance of diasteranes. These two groups also show P/F>1 and tricyclic terpane higher than hopanes, what indicate marine origin. The four groups show different biomarkers classes, suggesting different organic matter and depositional environmental conditions.

RESUMO

Com base na distribuição e abundância da série homologa de n-alcenos os 8 óleos estudados foram agrupados em 4 grupos: A-B (grupo i); C-D (grupo ii); E-F (grupo iii) e G-H (grupo iv). O grupo i apresenta distribuição de hidrocarbonetos saturados de n-C₁₁ a n-C₃₂, com uma abundância significativa de n-alcenos de cadeia longa (n-C₂₂-n-C₂₇), sugerindo como precursores as plantas superiores de origem terrestres e as algas de água doce. O grupo ii mostra uma distribuição de n-alcenos de n-C₁₁ a n-C₃₂ com ligeira acentuação de dois máximos, em n-C₁₇ e n-C₂₅, classificando o óleo com contribuição de lagos e mares. O grupo iii apresenta abundância significativa de n-alcenos de baixo peso molecular na faixa de n-C₁₃ a n-C₁₉, com n-C₁₅ e n-C₁₇ como os compostos principais sugerindo óleos tipicamente marinhos. O grupo iv apresenta ausência de n-alcenos, sugerindo a classificação de óleos biodegradados. Os terpanos estudados pelo RIC m/z 191 apresentam séries homologas de tricíclicos (C₂₀ a C₂₈) e hopanos (C₂₇ a C₃₅), com o composto 17 α (H), 21 β (H)-hopano como principal. Todos os óleos apresentam Gamacerano. Este composto encontra-se em maior abundância nos óleos G e H. A

presença de Gamacerano sugere salinidade no ambiente de geração dos óleos. Os tetracíclicos esteranos, estudados pelo RIC m/z 217, apresentam para os grupos i e iv (A-B e G-H) a relação diasterano/esterano alta. Estes dois grupos também apresentam razão pristano/fitano (P/F) maior do que 1 (P/F>1) e abundância de tricíclicos terpanos maior do que hopanos indicando origem marinha. Os grupos diferem nas diferentes classes de biomarcadores analisados o que sugere diferente matéria orgânica e ambiente de deposição.

INTRODUÇÃO

O mapeamento de um reservatório baseado nas similaridades e diferenças na composição dos biomarcadores é considerado importante para definir os reservatórios. Do ponto de vista analítico o petróleo esta dividido em: (i) compostos saturados do tipo hidrocarbonetos apolares, os quais inclui os compostos lineares, os ramificados e os tri-, tetra- e pentacíclicos como terpanos e esteranos; (ii) compostos aromáticos contendo um ou mais anéis aromáticos como naftalenos, fenantrenos e esteranos triaromáticos, e (iii) compostos polares NOS como resinas e asfaltenos (Hunt, 1996; Killops & Killops, 2005; Peters et al., 2005).

O petróleo na superfície da terra encontra-se em um sistema tridimensional que envolve: 1- a rocha geradora, 2- o caminho de migração primária e secundária, e 3- o reservatório. Consequentemente a composição química do petróleo depende do tipo da matéria orgânica da rocha geradora, da maturação da rocha de origem, do caminho da migração e das alterações que ocorrem no reservatório (Hunt, 1996; Killops & Killops, 2005; Peters et al., 2005).

Apesar dos extensivos relatos na literatura sobre a distribuição dos biomarcadores do tipo hidrocarbonetos saturados, em óleos da bacia Sergipe-Alagoas (Mello et al., 1988, 2000; Gonçalves, 2002), poucos dados são reportados sobre a concentração destes compostos nos óleos. O presente trabalho discute os principais biomarcadores das classes: n-alcenos, isoprenoides, terpanos tricíclicos, hopanos, e esteranos de 8 petróleos da Bacia Sergipe-Alagoas, dando ênfase na concentração absoluta dos terpanos tricíclicos, hopanos e esteranos nos óleos.

Bacia Sergipe-Alagoas

A Bacia Sergipe-Alagoas foi formada pela separação dos continentes africano e sul-americano, através da rotação anti-horária do continente africano em relação ao sul-americano. A atividade exploratória da Bacia Sergipe-Alagoas data dos anos 1950s, resultando na descoberta de um grande campo de hidrocarbonetos nos anos 1960s (Lana, 1990; Schenk, 2000). Esta bacia contém uma das maiores acumulações de petróleos em águas profundas da margem brasileira, além das localizadas na bacia de Campos. A bacia caracteriza-se por diferentes tipos de óleos como: marinho evaporítico; lacustre de água doce; lacustre salino e misto marinho evaporítico + lacustre de água doce (Mohriak, et al., 2000; Mello et al., 2000). Os óleos estudados foram coletados no Estado de Sergipe, dentro dos limites da Bacia Sergipe-Alagoas (Figura 1) e fornecidos pela Petrobras.

METODOLOGIA

Amostras:

As amostras de óleos brutos (8) foram fornecidas pela PETROBRAS setor Sergipe-Alagoas, UN-SE-AL.

Separação:

O óleo bruto (200 mg) foi transferido com hexano para uma coluna cromatográfica (88 cm de comprimento x 1,4 cm de diâmetro interno) com 20 g de sílica ativada a 60 °C por 24 horas. A coluna foi eluída com hexano (100 mL) obtendo-se a fração hidrocarbonetos saturados F1, e em seguida com hexano/diclorometano 9:1 (100 mL) para obter a fração hidrocarbonetos aromáticos (F2), segundo Rebouças, 1992. O volume das frações F1 e F2 foi reduzido a vácuo em rotavapor até 2 mL, transferido para frascos

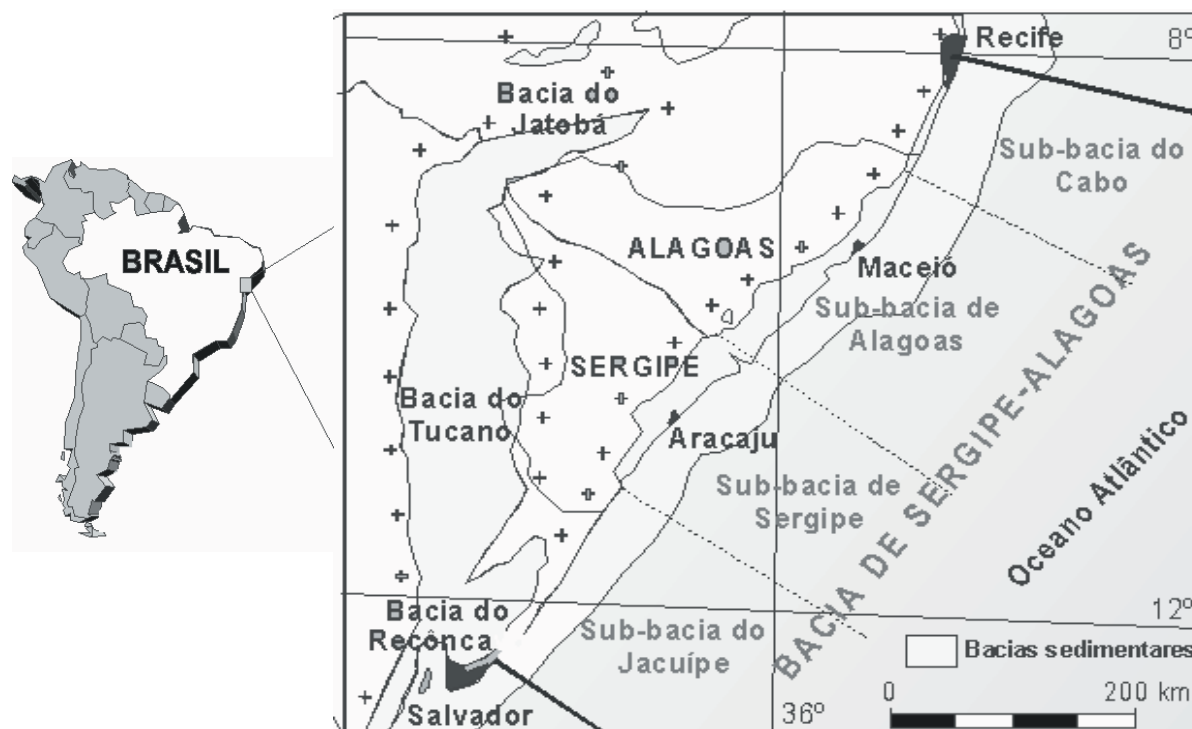


Figura 1: Mapa da Bacía Sergipe-Alagoas na região nordeste do Brasil

de 2mL, e concentrados com N_2 gasoso a 1 mL antes da análise por CG/EM.

Análise por CG/EM: As análises por cromatografia gasosa-espectrometria de massas (CG/EM) foram realizadas em aparelhos HP6890, com CG equipado com injetor split/splitless, coluna capilar Supelco SPB-1 (30 m x 0,32 mm x 2,0 mm) e Hélio como gás de arraste. A programação de temperatura para o CG: Alifático-40 °C (0)-10 °C/min -175 °C (0)-6°C/min -225 °C (0) - 300 °C (20); Aromático- 40 °C (5)-4 °C/min -300 °C (20). O detector EM operou com energia de ionização de 70 eV. As análises foram realizadas no modo SCAN, com massas variando de 50u a 550u, e no modo SIM, monitoramento de íon característicos (m/z): 85; 183; 191; 217; 218.

Identificação:

A identificação dos compostos e das séries homólogas foi efetuada por comparação dos espectros de massas e tempo de retenção com a literatura (Philp 1985, Peters et al, 2005; Killups & Killups, 2005) e com uma amostra de óleo anteriormente identificada com auxílio de padrões.

Quantificação:

A quantificação foi realizada com o padrão interno esqualano e as áreas estudadas em cada RIC m/z característico de cada classe.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

n-alcanos

Os cromatogramas reconstituído de íons, (RIC) m/z 85 (Figura 2) dos óleos estudados apresentam diferenças significativas na distribuição e proporção relativa dos *n*-alcanos e dos isoprenoides, pristanos (P) e fitanos (F) (Figura 2). Pela semelhança na distribuição dos *n*-alcanos os óleos foram agrupados em pares, resultando em quatro (4) grupos diferentes de óleos: A-B (grupo *i*); C-D (grupo *ii*); E-F (grupo *iii*) e G-H (grupo *iv*). O grupo *i* apresenta distribuição de hidrocarbonetos saturados de $n-C_{11}$ a $n-C_{32}$, com uma abundância significativa de *n*-alcanos de cadeia longa ($n-C_{22}$ - $n-C_{27}$) e predominância dos *n*-alcanos com carbonos ímpares em relação aos pares (Figura 2). Esta distribuição é uma característica comum aos óleos que têm como precursores as plantas superiores de origem terrestres e as algas de água doce. O grupo *ii* mostra uma distribuição de *n*-alcanos de $n-C_{11}$ a $n-C_{32}$

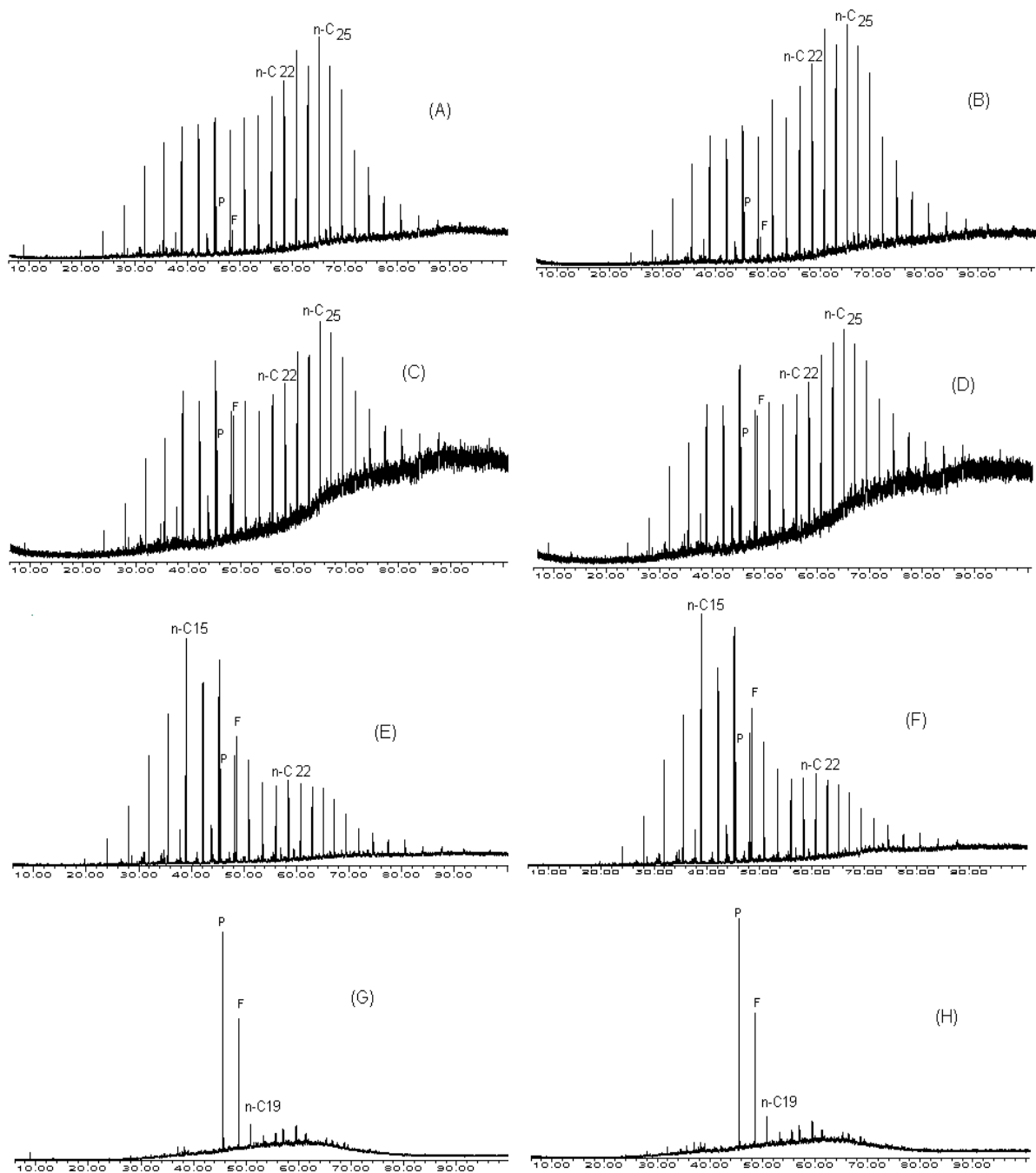


Figura 2: RIC m/z 85 para distribuição dos n-alcenos nos óleos estudados. Grupos: i (óleos A e B); ii (óleos C e D); iii (óleos E e F) e iv (óleos G e H).

com ligeira acentuação de dois máximos, em $n\text{-C}_{17}$ e $n\text{-C}_{25}$, (Figura 2) essas características classificam o óleo como misturado ou de transição, que teve contribuição de lagos e mares. O grupo *iii* apresenta uma abundância significativa de n -alcanos de baixo peso molecular na faixa de $n\text{-C}_{13}$ a $n\text{-C}_{19}$, com $n\text{-C}_{15}$ e $n\text{-C}_{17}$ como os compostos principais e predominância de n -alcanos ímpares sobre n -alcanos pares. Situações como estas são associadas a óleos tipicamente marinhos, que têm como precursores fitoplânctons e algas marinhas (Philp, 1985; Mello *et al.*, 1988). O grupo *iv* apresenta ausência de n -alcanos, esse dado sugere a classificação dos óleos G e H como biodegradados (Bost *et al.* 2001; Peters & Fowler, 2002).

ISOPRENÓDES

No estudo de correlação óleo-óleo a razão pristano/fitano (P/F) é muito usada para indicar origem do óleo. A Tabela 1 mostra que os óleos A-B (grupo *i*) e G-H (grupo *iv*) apresentam a razão P/F maior do que 1 (P/F > 1) sugerindo condições ligeiramente oxidadas para o ambiente de deposição. Nos óleos C-D (grupo *ii*) e E-F (grupo *iii*) a relação pristano/fitano é menor do que 1 (P/F < 1), sugerindo ambiente de deposição

anóxido (Killops & Killops, 2005; Peters *et al.*, 2005; Hunt, 1996). Com o aumento da maturação ocorre o aumento de n -parafinas o que resulta em valores menores do que 1 (< 1) para a relação pristano/ $n\text{-C}_{17}$ (Pr/ $n\text{-C}_{17}$) e fitano/ $n\text{-C}_{18}$ (F/ $n\text{-C}_{18}$), como consequência Pr/ $n\text{-C}_{17}$ e F/ $n\text{-C}_{18}$ < 1 são indicativos de maturação. No processo de biodegradação os n -alcanos são os primeiros compostos a serem eliminados do óleo o que faz a relação Pr/ $n\text{-C}_{17}$ e F/ $n\text{-C}_{18}$ ter valores maiores do que 1 (> 1), logo Pr/ $n\text{-C}_{17}$ e F/ $n\text{-C}_{18}$ > 1 são indicativos de biodegradação (Hunt, 1996, Killops & Killops, 2005). Nos óleos estudados a relação P/ $n\text{-C}_{17}$ < 1 (Tabela 1) observada para os óleos A, B, C, D, E e F, sugere óleos maduros. Os valores F/ $n\text{-C}_{18}$ > 1 para os óleos C-D (1,26); E-F (1,41), Tabela 1, sugerem mistura de óleos maduros e imaturos, ou óleos maduros de ambiente marinho altamente redutor com algas (Hunt, 1996). Os óleos G-H apresentem valores P/ $n\text{-C}_{17}$ e F/ $n\text{-C}_{18}$ > 1 reforçando a classificação dos mesmos como óleos biodegradados.

Terpanos tricíclicos e hopanos

Pelo RIC m/z 191, (Figura 3) foi possível identificar em todos os óleos uma distribuição típica de terpanos tricíclicos de C_{20} a C_{29} , e

Tabela 1: Parâmetros de maturidade determinados nos m/z 85, 191 e 217 em um dos óleos dos pares A-B; C-D; E-F; G-H.

Óleo	Parâmetro	A	C	F	G
	Composto				
P / F	Pristano / Fitano	1.39	0.77	0.66	1.25
P / $n\text{-C}_{17}$	Pristano / n -Heptadecano	0.40	0.49	0.54	8.38
F / $n\text{-C}_{18}$	Pristano / n -Octadecano	0.37	1.26	1.41	6.66
Ts / Ts + Tm	[18 α (H)-22,29,30-Trisnorhopano (m/z 191)] / [18 α (H)-22,29,30-Trisnorhopano (m/z 191)] + [17,18 α (H)-22,29,30-trisnorhopano (m/z 191)]	0.56	0.30	0.83	0.50
C29 abb / aaa + abb	[C29 $\alpha\beta\beta$ (R+S)] / [C29 $\alpha\beta\beta$ (R+S) + C29 $\alpha\alpha\alpha$ (R+S)] (m/z 217)	0.47	0.27	0.41	0.34
C29 20S / (20S + 20R)	[C29 $\alpha\alpha\alpha$ S] / [C29 $\alpha\alpha\alpha$ S + C29 $\alpha\alpha\alpha$ R] (m/z 217)	0.53	0.34	0.42	0.42
C30 hop / C29 abb		18.06	5.13	1.67	2.97
%C27	[C27 $\alpha\beta\beta$ (S+R) / [C27 $\alpha\beta\beta$ (S+R) + C28 $\alpha\beta\beta$ (S+R) + C29 $\alpha\beta\beta$ (S+R)]x100	47.66	30.95	41.31	33.00
%C28	[C28 $\alpha\beta\beta$ (S+R) / [C27 $\alpha\beta\beta$ (S+R) + C28 $\alpha\beta\beta$ (S+R) + C29 $\alpha\beta\beta$ (S+R)]x 100	23.59	26.44	18.50	24.11
%C29	C29 $\alpha\beta\beta$ (S+R) / [C27 $\alpha\beta\beta$ (S+R) + C28 $\alpha\beta\beta$ (S+R) + C29 $\alpha\beta\beta$ (S+R)] x100	28.75	42.61	40.19	42.89
Gi%	Gamacerano.	39	27	66	52

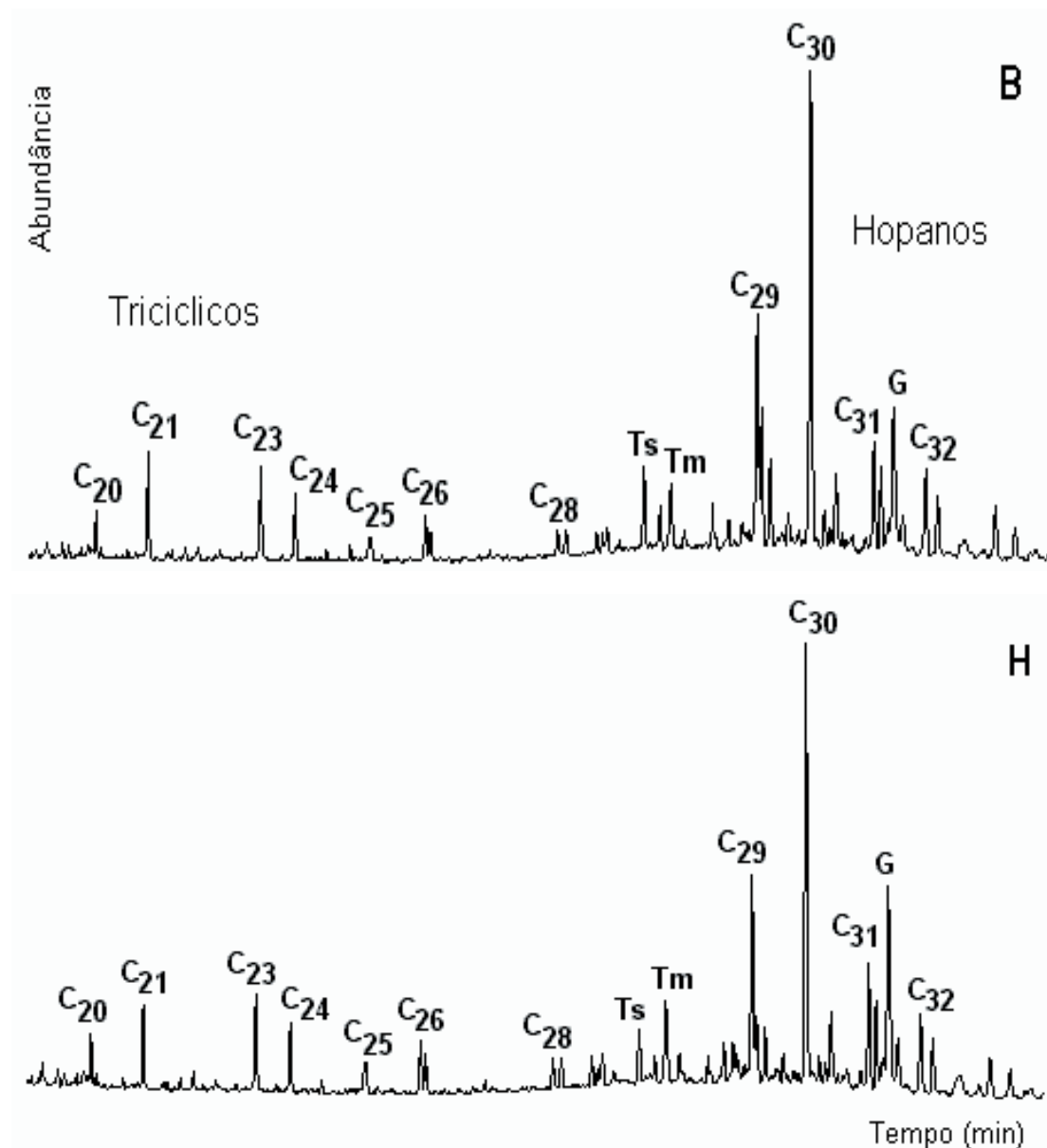


Figura 3: RIC m/z 191, distribuição dos terpanos tricíclicos, tetracíclicos e pentacíclicos nos óleos. C₂₀ a C₂₈ tricíclico terpano; Ts (18 α (H)-trisorneohopanos C₂₇); Tm (17 α (H)-trisorhopano C₂₇); C₂₉ (17 α (H), 21 $\hat{\alpha}$ (H)-norhopano); C₃₀ (17 α (H), 21 $\hat{\alpha}$ (H)-hopano); C₃₁ (17 α (H), 21 $\hat{\alpha}$ (H)-homohopano); C₃₂ (bishomohopano) G (Gamacerano). Estruturas moleculares das séries homólogas na Figura 4.

terpanos pentacíclicos, com a série homóloga: 18 α (H)-trisorneohopanos C₂₇ (Ts); 17 α (H)-trisorhopano C₂₇ (Tm); 17 α (H), 21 β (H)-norhopano C₂₉; 17 α (H), 21 β (H)-hopano C₃₀; 17 α (H), 21 β (H)-homohopano C₃₁; gamacerano, bishomohopano C₃₂ e trishomohopano C₃₄. Os compostos C₂₉-17 α (H) e C₃₀- β (H)-hopano são os compostos predominantes da classe dos hopanos nos óleos estudados (Figura 3). As estruturas moleculares para os tricíclicos terpanos e hopanos estudadas pelo m/z 191 são mostradas na Figura 4. Todos os óleos

apresentam a proporção relativa da série homóloga tricíclicos terpanos de C₂₀ a C₂₄ menor do que a distribuição da série homóloga dos hopanos.

Os pares de óleos A-B, C-D, E-F, e G-H apresentam concentração diferente para os tricíclicos terpanos, hopanos e gamaceranos (Fig 5). A quantidade do C₃₀-hopano variou bastante entre os grupos, 350ng/g nos óleos E-F, 700ng/g e 800ng/g nos óleos A-B e C-D respectivamente, e 1000ng/g nos óleos biodegradados G-H. Variações

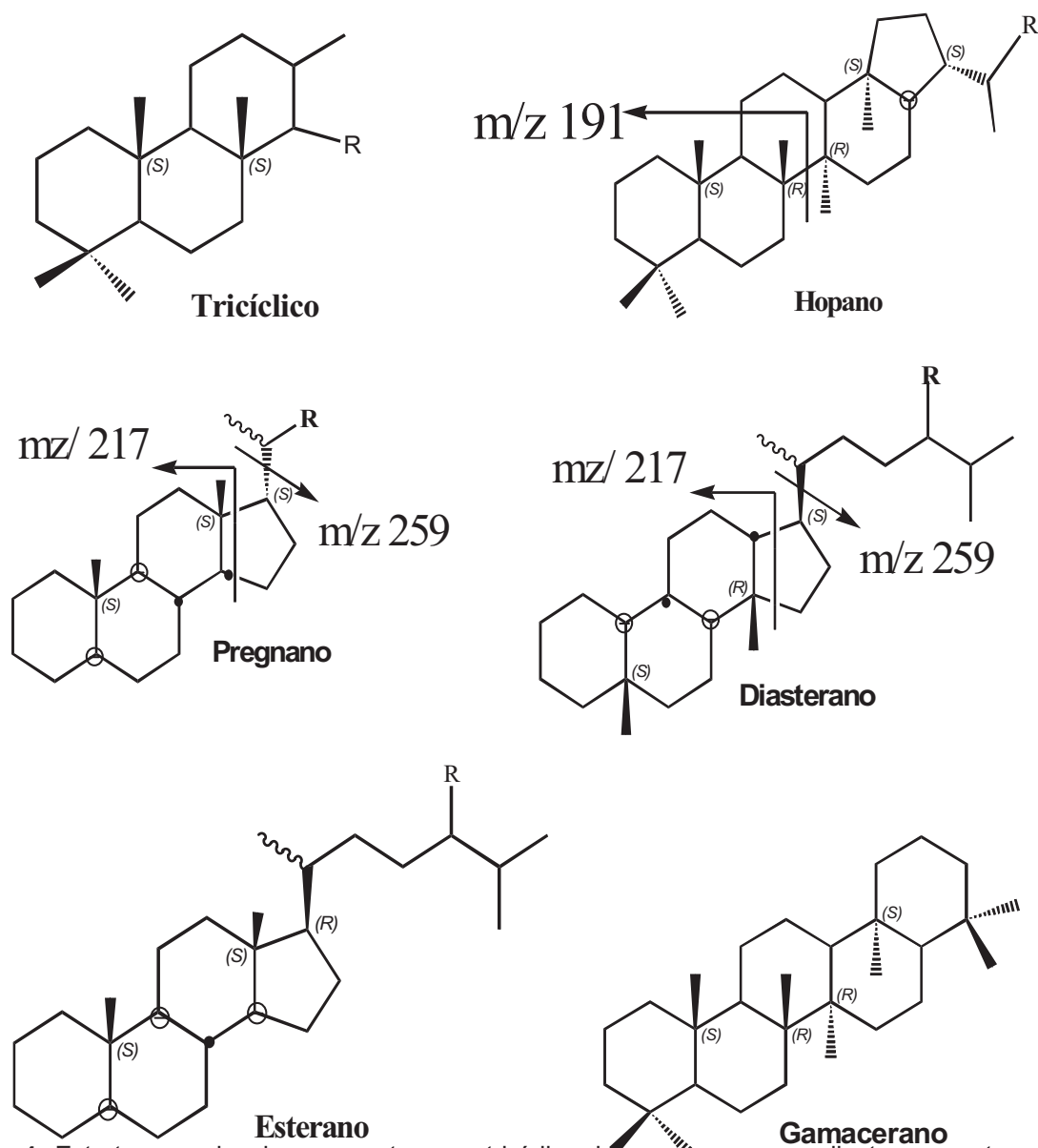


Figura 4: Estruturas moleculares para terpano tricíclico, hopano, pregnano, diasterano, esterano e gamacerano identificados nos óleos.

na concentração de Gamacerano (Figura 5; Figura 4) foram também encontradas entre os óleos, A-B (300ng/g), C-D (220ng/g), E-F (240ng/g) e G-H (560ng/g). O valor alto para gamacerano está em concordância com o trabalho de Gonçalves (2002), em sedimentos do Morro do Barro e Rio de Contas, formação localizada no Campo Camamu da margem continental Brasileira.

O índice de Gamacerano (G_i) (gamacerano/ C_{30} hopano x 100) mostrado na Tabela 1 variou de 27% nos óleos C-D, 39% óleos A-B, 52% óleos G-H, e 66% óleos E-F

(Tabela 1). Como Gamacerano é resistente a biodegradação, sua abundância em óleos biodegradados em alguns casos é acentuada, o que está em concordância com os dados obtidos para os óleos G e H (560ng/g/óleo). No entanto estes óleos G-H apresentam baixos valores de G_i comparado com por ex. óleos E-F (Table 1). A concentração alta de C_{30} -hopano (1000ng/g, Figura 4) nestes óleos e o baixo valor de G_i sugere mistura de óleos biodegradados e não biodegradados.

Os óleos com alto grau de biodegradação apresentam 25-norhopano, mas em alguns

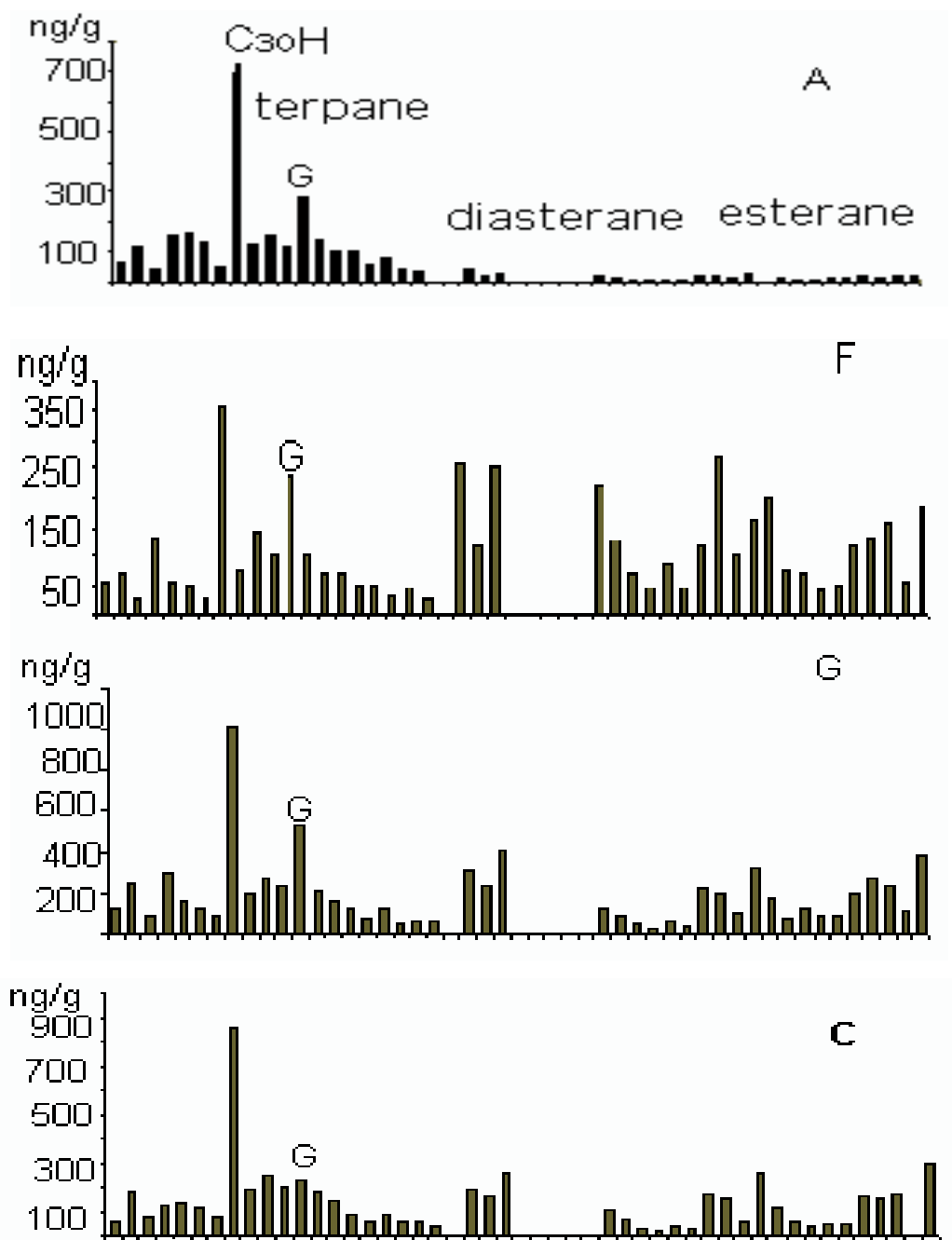


Figura 5: Concentração (ng g^{-1} oil) para terpenos tricíclicos, hopanos, diasteranos e esteranos nos óleos. C30H: 17a(H),21b(H)-hopane, G: gamacerane.

casos este composto está ausente (Peters *et al.*, 2005; Hunt, 1996). Nos óleos G-H não foi evidente a presença de 25-norhopano no m/z 177.

A maturidade térmica de um óleo, com mesma origem, pode ser medida através do parâmetro $Ts/(Ts+Tm)$, com valores $Ts/(Ts+Tm) < 1$ sugerindo maturação para o óleo (Philp, 1985; Lorenson *et al.*, 2002;

Seifert & Moldowan, 1978; Hunt, 1996). Em todos os óleos estudados foi observado o valor $Ts/(Ts+Tm) < 1$ indicando assim óleos maduros, porém este valor variou significativamente entre 0.30 e 0.83 (Tabela 1). Óleos com mesma maturidade térmica podem apresentar variações nos valores $Ts/(Ts+Tm)$, e neste caso estas diferenças podem refletir diferenças na fonte de material orgânica. Para os óleos estudados, estas diferenças sugerem diferentes origens.

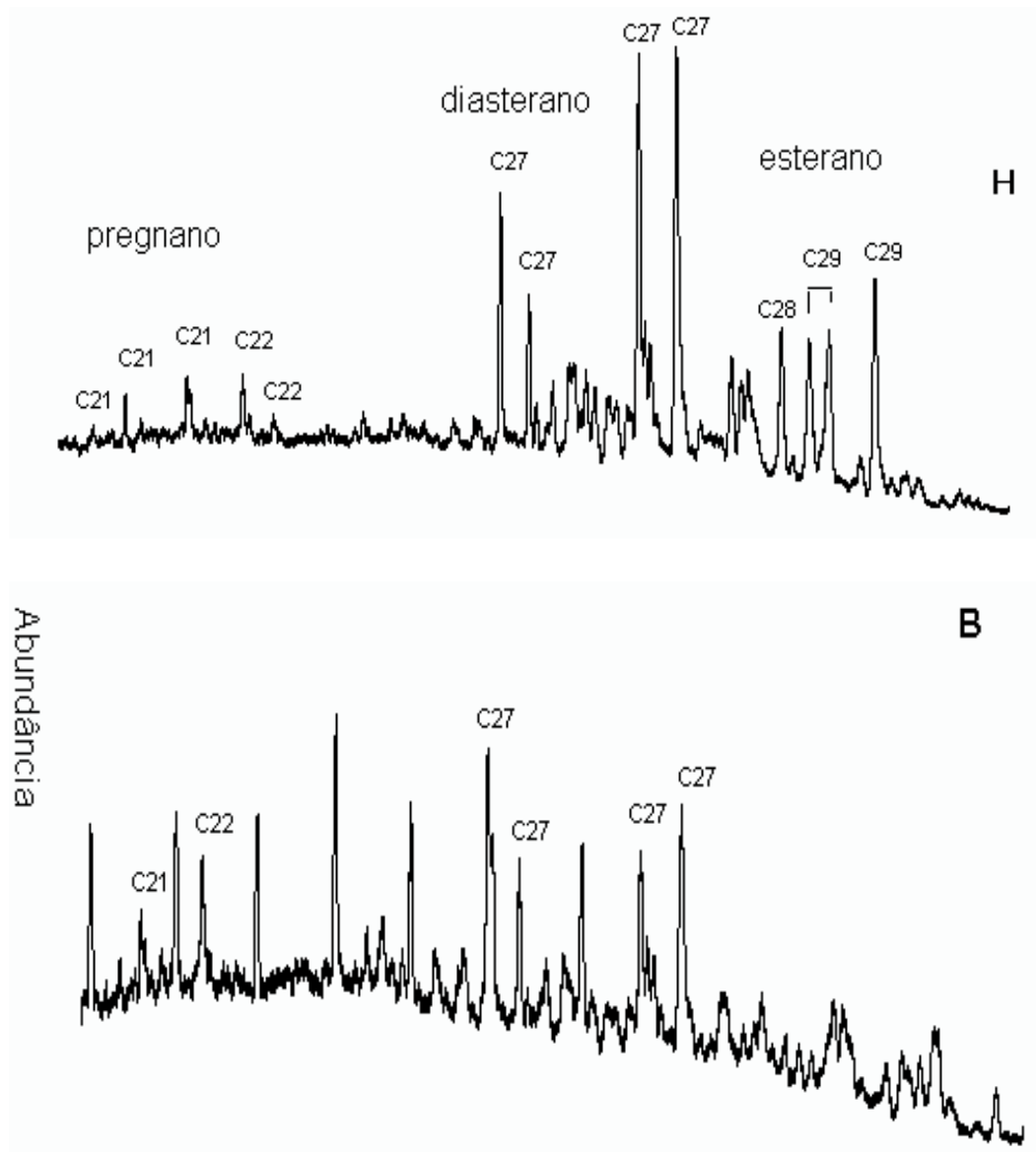


Figura 6: RIC m/z 217, distribuição dos pregnanos, diasteranos e esteranos nos óleos. C₂₁ a C₂₂ pregnano; C₂₇ diasterano, C₂₇ a C₂₉ esterano. Estrutura molecular de cada classe Fig. 4.

Esteranos

O RIC m/z 217 (Figura 6) apresenta para os óleos distribuição similar para os pregnanos, diasteranos e esteranos, com estruturas moleculares mostradas na Figura 4. Os componentes mais abundantes dos óleos A-B, E-F são os esteranos C₂₇ com percentagem entorno de 47,66% e 41,31% respectivamente (Tabela 1). Estes compostos são predominantes em matéria orgânica marinha ou lacustre. Nos óleos C-D e G-H os esteranos C₂₉ são os predominantes (42,61% e 42,89%) sugerindo contribuição de plantas superiores (Hunt, 1996). Os

diasteranos estão presentes em todos os óleos. A distribuição de esteranos e diasteranos auxilia na discriminação da fonte e são usados rotineiramente para agrupar os óleos com a mesma relação genética. A presença de diasteranos está relacionada a ambiente deposicional de origem lacustre ou marinho. Em óleos de origem marinha evaporítica ou carbonática, estes compostos estão praticamente ausentes. Os óleos estudados apresentam uma abundância relativamente alta de diasteranos.

Os parâmetros de maturidade,

relativo aos esteranos, por exemplo, $C_{29} 20S/(20S+20R)$ e $C_{29} \alpha\beta\beta/(\alpha\alpha\alpha+\alpha\beta\beta)$, Tabela 1, mostram variações para os óleos estudados. O parâmetro $C_{29}(\alpha\beta\beta/(\alpha\beta\beta+\alpha\alpha\alpha))$ atinge o máximo entre 0,65 e 0,75, um pouco antes do pico de geração do óleo (Killops & Killops, 2005; Peters et al., 2005; Hunt, 1996). Os óleos estudados apresentam para este parâmetro, Tabela 1, os valores 0,47 (A-B); 0,27 (C-D); 0,41 (E-F) e 0,34 (G-H) sugerindo óleos pouco evoluídos termicamente. O valor máximo para a razão $20S/(20S+20R)$ 0,55 encontra-se próximo ao pico de geração do óleo (Killops & Killops, 2005; Peters et al., 2005; Hunt, 1996). Na Tabela 1 os valores de $20S/(20S+20R)$ para os óleos estudados foi de 0,53 (A-B); 0,34 (C-D); 0,42 (E-F); 0,42 (G-H), indicam que os óleos diferem ligeiramente na maturidade. Diferentes origem podem também serem responsáveis por estas pequenas variações.

Na Figura 5 observa-se que a concentração absoluta de hopanos e esteranos variou bastante entre os óleos. No grupo *i* (óleos A-B) os hopanos são mais abundantes do que os esteranos e diasteranos (Figura 5). A abundância absoluta de esteranos comparada a de hopanos é alta para os óleos dos grupos *ii*, *iii* e *iv* (Figura 5). No grupo *i* os hopanos são mais abundantes do que os esteranos e diasteranos (Figura 5). A distribuição dos constituintes de uma mesma classe de biomarcadores foi à mesma para todos os óleos, porém a concentração absoluta foi diferente em cada óleo. Conhecer a quantidade absoluta destas classes de biomarcadores em cada óleo, auxilia no mapeamento dos reservatórios.

CONCLUSÕES

Os óleos A, B, C, D, E, F e G, foram agrupados em pares resultando em quatro grupos: A-B (grupo *i*); C-D (grupo *ii*); E-F (grupo *iii*) e G-H (grupo *iv*).

-O grupo *i* apresenta distribuição de hidrocarbonetos saturados de $n-C_{11}$ a $n-C_{32}$, com uma abundância significativa de n -alcanos de cadeia longa ($n-C_{22}$ - $n-C_{27}$),

sugerindo como precursores as plantas superiores de origem terrestres e as algas de água doce.

-O grupo *ii* mostra uma distribuição de n -alcanos de $n-C_{11}$ a $n-C_{32}$ com ligeira acentuação de dois máximos, em $n-C_{17}$ e $n-C_{25}$, classificando o óleo com contribuição de lagos e mares.

-O grupo *iii* apresenta abundância significativa de n -alcanos de baixo peso molecular na faixa de $n-C_{13}$ a $n-C_{19}$, com $n-C_{15}$ e $n-C_{17}$ como os compostos principais sugerindo óleos tipicamente marinhos.

-O grupo *iv* apresenta ausência de n -alcanos, sugerindo a classificação de óleos biodegradados.

-Nos óleos C-D e E-F a razão Pristano (P)/Fitano (F) é menor do que um ($P/F < 1$), sugerindo ambiente de deposição sob condições redutoras (anóxico).

-Nos óleos A-B e G-H a razão P/F é maior do que 1 ($P/F > 1$) sugerindo ambiente de deposição sob condições oxidantes (óxicas).

-A relação $P/n-C_{17} < 1$ e $Ts/Ts+Tm < 1$ são observados para os óleos A, B, C, D, E, F, G e H sugerindo óleos maduros. Pequenas diferenças na maturidade térmica dos óleos, são observados pelos parâmetros $C_{29}\alpha\beta\beta/(\alpha\alpha\alpha+\alpha\beta\beta)$ esterano.

-Todos os óleos apresentam distribuição típica de terpanos tricíclicos de C_{20} a C_{29} , e terpanos pentacíclicos com a série homóloga: $18\alpha(H)$ -trisorneohopanos C_{27} (Ts); $17\alpha(H)$ -trisorhopano C_{27} (Tm); $17\alpha(H)$, $21\beta(H)$ -norhopano C_{29} ; $17\alpha(H)$, $21\beta(H)$ -hopano C_{30} ; $17\alpha(H)$, $21\beta(H)$ -homohopano C_{31} ; gamacerano, bishomohopano C_{32} , e trishomohopano C_{34} . Os compostos C_{29} - $17\alpha(H)$ e $21\beta(H)$ -hopano são os compostos predominantes da classe dos hopanos

-O Gamacerano, um indicador de salinidade de água, esta presente em todos os óleos, com maior abundância nos óleos G-H.

-Os componentes mais abundantes no RIC m/z 217 dos óleos A-B, E-F são os esteranos C_{27} com percentagem entorno de 47,66% e 41,31% respectivamente. Estes

compostos são predominantes em matéria orgânica marinha ou lacustre.

-Nos óleos C-D e G-H os esteranos C₂₉ são os predominantes (42,61% e 42,89%) sugerindo contribuição de plantas superiores.

-Os diasteranos estão presentes em todos os óleos. A presença de diasteranos

está relacionada à ambiente deposicional de origem lacustre ou marinho.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Petrobrás – UN-SEAL, pelas amostras de petróleo; ao CNPq pelo suporte financeiro e a FAPEAL pelas bolsas IC e Ms.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOST, F.D.; FRONTERA-SUAU, R.; McDONALD, T.J.; PETERS, K.E.; MORRIS, P.J. (2001). Aerobic Biodegradation of Hopanes and Norhopanes in Venezuelan Crude Oils, *Organic Geochemistry*, 32: 105-114.
- GONÇALVES F.T.T. (2002). Organic and isotope geochemistry of the Early Cretaceous rift sequence in the Camamu Basin, Brazil: Paleolimnological influences and source rock models. *Organic Geochemistry*, 33: 67-80.
- HUNT, (1996) *Petroleum Geochemistry & Geology*, Oxford, UK, 2nd ed.
- KILLOPS, S.; KILLOPS, V. (2005). *Introduction to organic geochemistry*. Blackwell Publishing, Oxford, UK, 2nd ed.
- LANA, M.C. (1990). Bacia de Sergipe-Alagoas: Uma Hipótese de Evolução Tectono-Sedimentar, *in*: De RAJA GABAGLIA, G.P.; MILANI, E.J. (Coords.) *Origem e Evolução de Bacias Sedimentares – PETROBRAS*.
- LORENSEN, T.D.; KVENVOLDEN, K.A.; HOSTETTLER, F.D.; ROSENBAUER, R.J.; ORANGE, L.D.; MARTIN, J.B. (2002). Hydrocarbon Geochemistry of Cold Seeps in the Monterey Bay National Marine Sanctuary. *Marine Geology*. 181: 285-304.
- MELLO, M.R.; TELNAES, N.; GAGLIANONE, P.C.; CHICARELLI, M.I.; BRASSEL, S.C.; MAXWELL, J.R (1988). Organic Geochemical Characterisation of Depositional Palaeoenvironments of Source Rocks and Oils in Brazilian Marginal Basins, *Organic Geochemistry*, 13: 31-45.
- MELLO, M.R.; MOLDOWAN, J.D.; DAHL, J.; REQUEJO, A.G. (2000). Petroleum Geochemistry Applied to Petroleum System Investigation, *in* M.R. Mello and B.J. Katz, eds. *Petroleum System of South Atlantic Margins: AAPG Memoir*, 73: 41-52.
- MOHRIAK, W.U.; MELLO, M.R.; BASSENETO, M.; VIEIRA, I.S.; KOUTSOUKOS, E.A.M. (2000). Crustal architecture, sedimentation, and petroleum systems in the Sergipe- Alagoas basin, northeastern Brazil, *in* M.R. Mello and B.J. Katz, eds., *petroleum system of south Atlantic margins: American Association of Petroleum Geologists Memoir*, 73: 273-300.
- PETERS, K. E; WALTERS, C.C. AND MOLDOWAN, J.M; (2005) Biomarkers and isotopes in the environment and human history *.The Biomarker Guide*. Cambridge, vol. 1, e 2, 2th ed.
- PETERS, K.E.; FOWLER, M.,G. Applications of Petroleum Geochemistry to Exploration and Reservoir Management, *Organic Geochemistry*. V. 32. 5-36. 2002.
- PHILP, R., (1985). Fossil Fuel biomarkers. Applications and spectra. *Methods in Geochemistry and Geophysics* 23. Elsevier, New York.
- REBOUÇAS, L.M.C. (1992). Ácidos Naftênicos de Petróleos do Campo Albacora, Bacia de

Campos e Síntese de Biomarcadores. Campinas, Brasil: UNICAMP Universidade Estadual de Campinas - Instituto de Química. Tese de Doutorado.

REBOUCAS, L.M.C., KOIKE, L., REIS, F., A.M., MARSAIOLI, A.J., RICHNOW, H.H. and MICHAELIS, W., 1992. Naphthenic acids from crude oils of Campos Basin. *Org. Geochem* 18, pp. 851-860.

SEIFERT, W.K.; MOLDOWAN, J.M. (1978). Applications of Steranes, Terpane and Monoaromatic to the Maturation, Migration and Source of Crude Oils. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 42: 77-95.

SCHENK C.J. (2000). U.S. Geological survey world petroleum assessment. USGS. july 2005. www.ipetr.com.br.

(Footnotes)

¹To whom the correspondence should be sent: lmcr@qui.ufal.br