

6 DISCUSSÃO SOBRE OS CROMATOGRAMAS E FRAGMENTOGRAMAS DOS ÓLEOS DO CAMPO DE CEXIS E COMPARAÇÃO DOS GRUPOS DE ÓLEOS DO CAMPO DE CEXIS COM OS GRUPOS DE ÓLEOS DEFINIDOS POR AGUIAR (2005) PARA A BACIA DO RECÔNCAVO

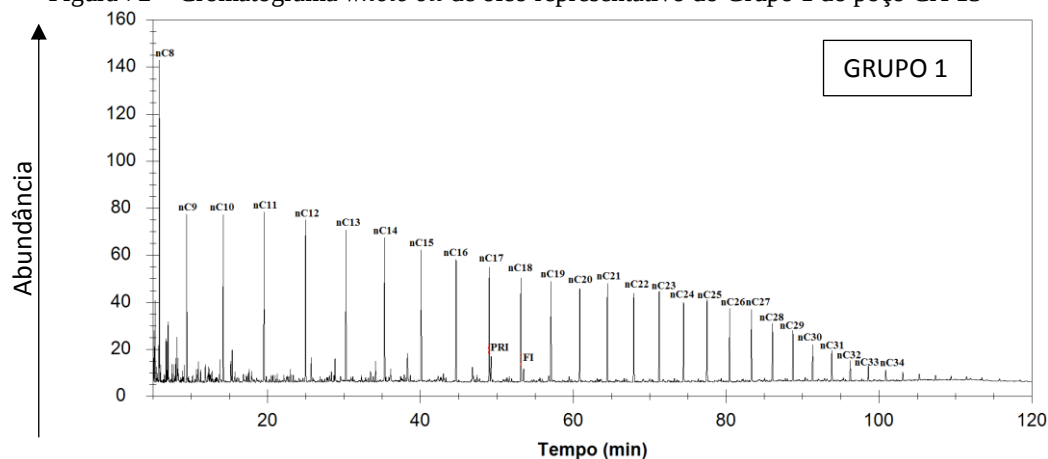
Neste capítulo apresenta-se os diferentes tipos genéticos dos óleos reconhecidos, através de prévia análise geológica e geoquímica, que foi corroborada com a análises estatística (PCA e agrupamento Hierárquico) dos óleos do Campo de Cexis. Os óleos definidos correspondem a 5 grupos, enumerados de 1 a 5 segundo suas características geoquímicas e isotópicas (Tabela 8). Os grupos de óleos do Campo de Cexis têm seus cromatogramas *whole oil* e seus fragmentogramas m/z 191 (terpanos) e 217 (esteranos) ilustrados nas Figuras 72 – 98.

Além da discussão sobre os Cromatogramas e Fragmentogramas dos óleos do Campo de Cexis, neste capítulo compara-se os dados dos grupos de óleos definidos por esta dissertação com os grupos de óleos descritos por Aguiar (2005) para a Bacia do Recôncavo.

6.1 Cromatogramas e Fragmentogramas dos óleos do Campo de Cexis

A cromatografia gasosa (*whole oil*) é uma ferramenta muito importante na avaliação da origem, grau de evolução térmica e nível de biodegradação de um óleo (discutida no item 3.2.2 do capítulo 3). Os grupos de óleos definidos são apresentados através de cromatogramas, onde podem ser identificados principalmente as parafinas normais e os isoprenoides pristano (PRI) e fitano (FI). As áreas dos picos correspondentes aos diferentes compostos identificados nos cromatogramas permitiram a determinação de algumas razões, tais como PRI/FI, PRI/*n*-C₁₇ e FI/*n*-C₁₈. Os valores das razões de biomarcadores saturados se encontram na Tabela 15 do Apêndice E.

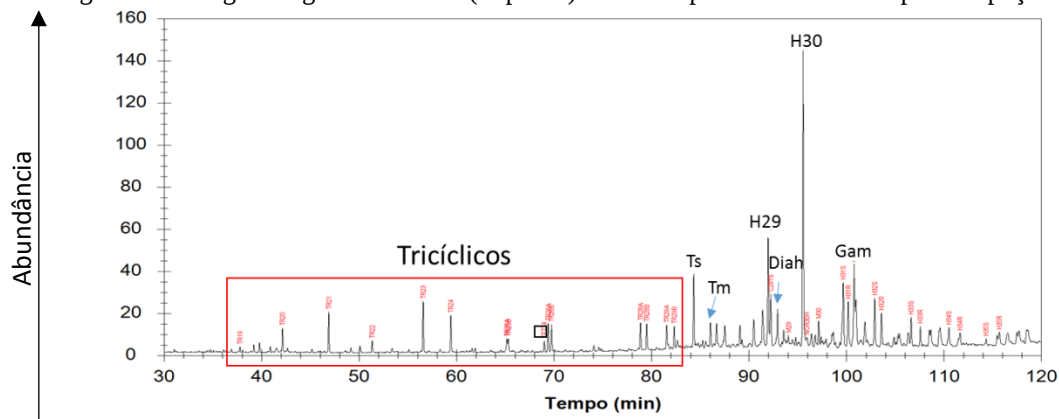
Figura 72 – Cromatograma *whole oil* de óleo representativo do Grupo 1 do poço CX 13



Legenda: nC – *n*-parafina; PRI – Pristano; FI – Fitano.

Fonte: A autora, 2018.

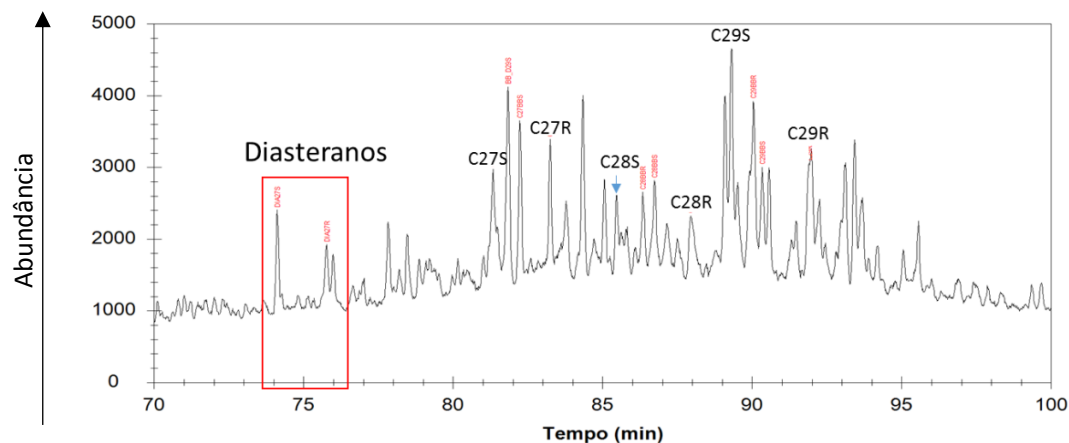
Figura 73 – Fragmentograma m/z 191 (terpanos) de óleo representativo do Grupo 1 do poço CX 13



Legenda: TRI – terpanos tricíclicos; TET – terpanos tetracíclicos; H – hopanos; Ts – C_{27} 18 α -trisorneohopano II; Tm – C_{27} 17 α -trisorhopano; Diah – diahopano e Gam – gamacerano.

Fonte: A autora, 2018.

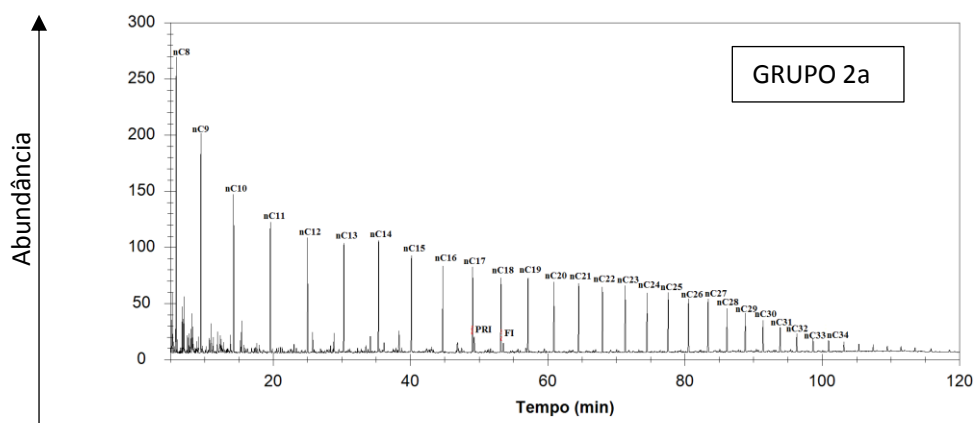
Figura 74 – Fragmentograma m/z 217 (esteranos) de óleo representativo do Grupo 1 do poço CX 13



Legenda: DIA – diasteranos; C_{27} , C_{28} e C_{29} – esteranos regulares.

Fonte: A autora, 2018.

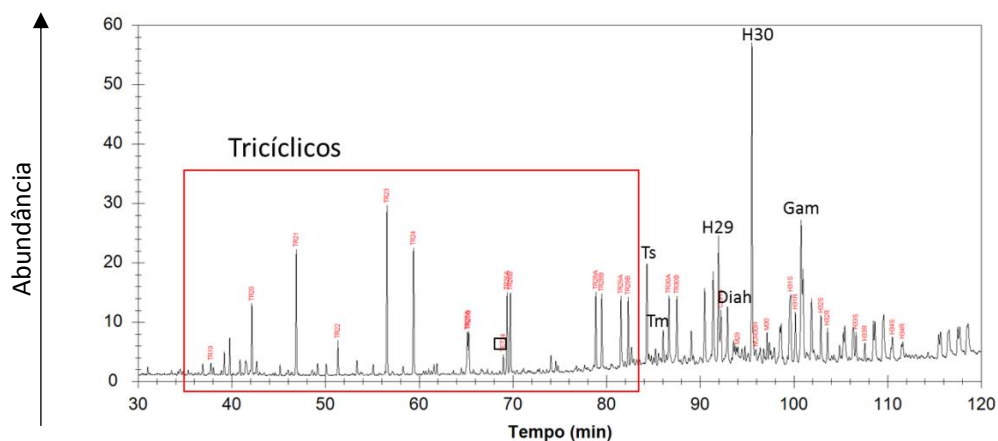
Figura 75 – Cromatograma *whole oil* de óleo representativo do Grupo 2a do poço CX 58



Legenda: nC – *n*-parafina; PRI – Pristano; FI – Fitano.

Fonte: A autora, 2018.

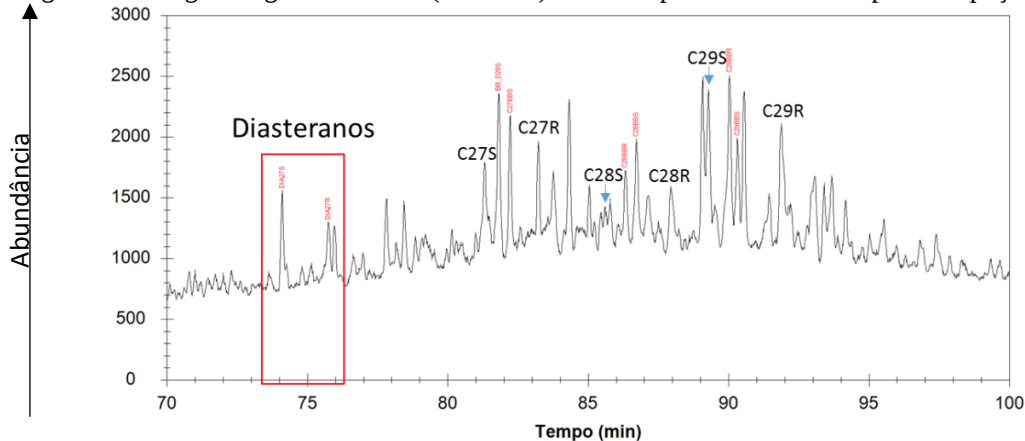
Figura 76 – Fragmentograma m/z 191 (terpanos) de óleo representativo do Grupo 2a do poço CX 58



Legenda: TRI – terpanos tricíclicos; TET – terpanos tetracíclicos; H – hopanos; Ts – C_{27} 18α -trisorneohopano II; Tm – C_{27} 17α -trisorhopano; Diah – diahopano e Gam – gamacerano.

Fonte: A autora, 2018.

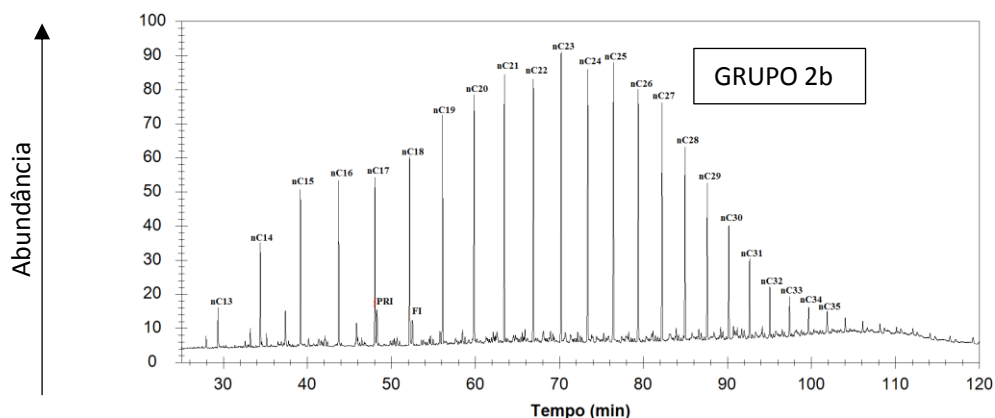
Figura 77 – Fragmentograma m/z 217 (esteranos) de óleo representativo do Grupo 2a do poço CX 58



Legenda: DIA – diasteranos; C_{27} , C_{28} e C_{29} – esteranos regulares.

Fonte: A autora, 2018.

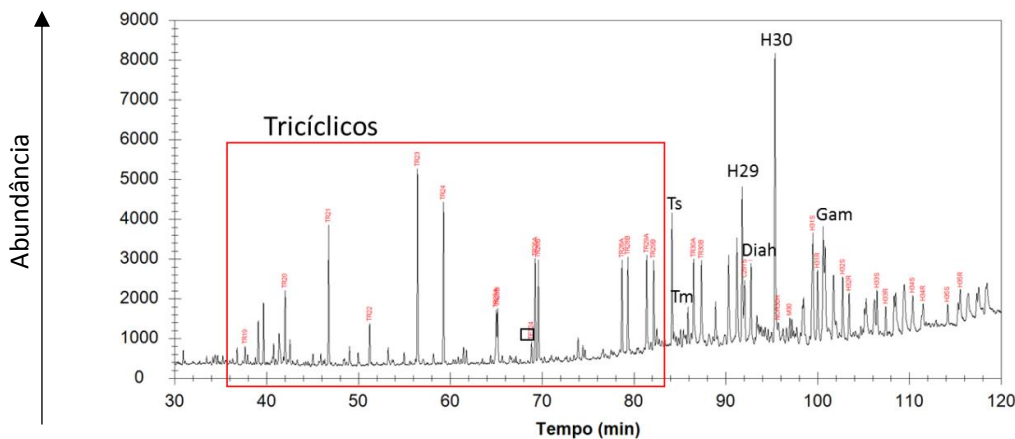
Figura 78 – Cromatograma *whole oil* de óleo representativo do Grupo 2b do poço CX 8



Legenda: nC – *n*-parafina; PRI – Pristano; FI – Fitano.

Fonte: A autora, 2018.

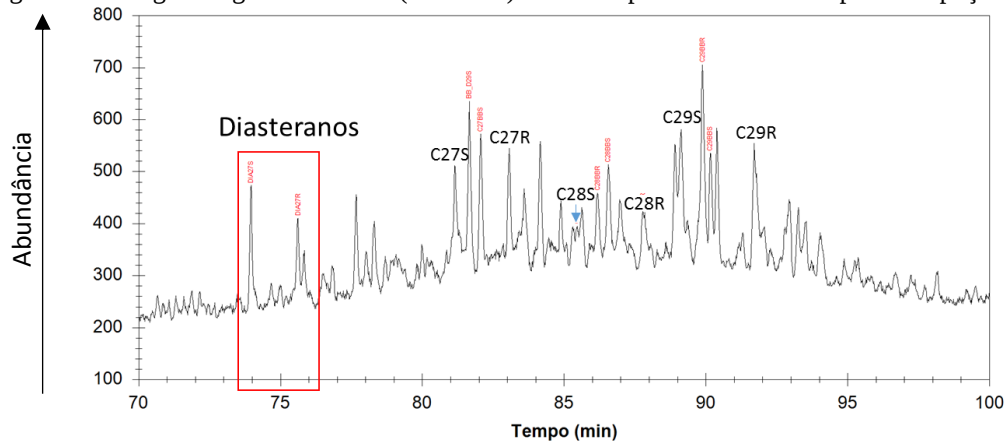
Figura 79 – Fragmentograma m/z 191 (terpanos) de óleo representativo do Grupo 2b do poço CX 8



Legenda: TRI – terpanos tricíclicos; TET – terpanos tetracíclicos; H – hopanos; Ts – C_{27} 18 α -trisorneohopano II; Tm – C_{27} 17 α -trisorhopano; Diah – diahopano e Gam – gamacerano.

Fonte: A autora, 2018.

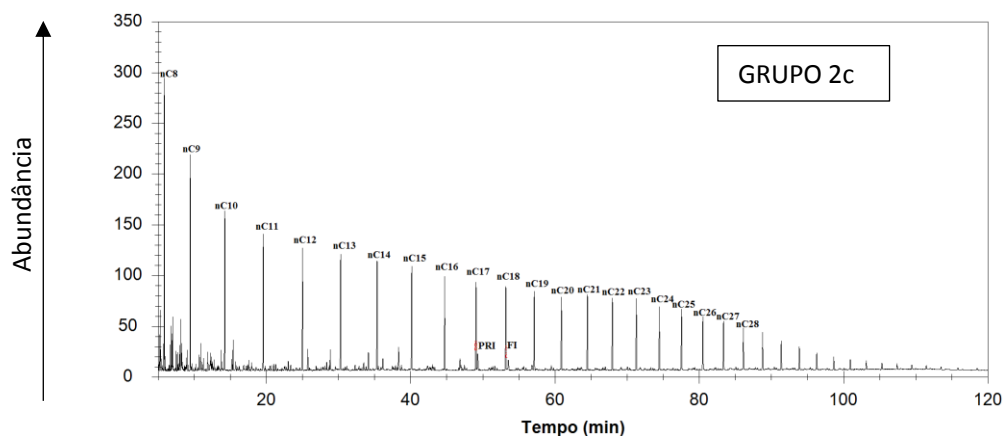
Figura 80 – Fragmentograma m/z 217 (esteranos) de óleo representativo do Grupo 2b do poço CX 8



Legenda: DIA – diasteranos; C_{27} , C_{28} e C_{29} – esteranos regulares.

Fonte: A autora, 2018.

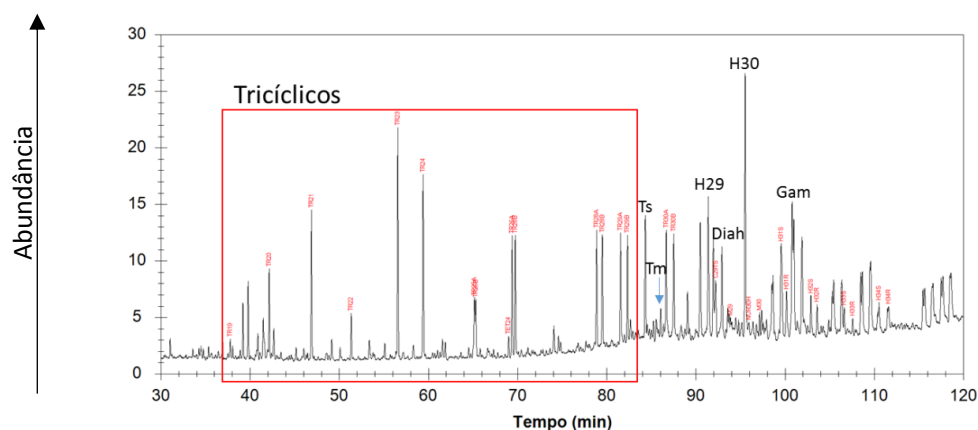
Figura 81 – Cromatograma *whole oil* de óleo representativo do Grupo 2c do poço CX 54



Legenda: nC – *n*-parafina; PRI – Pristano; FI – Fitano.

Fonte: A autora, 2018.

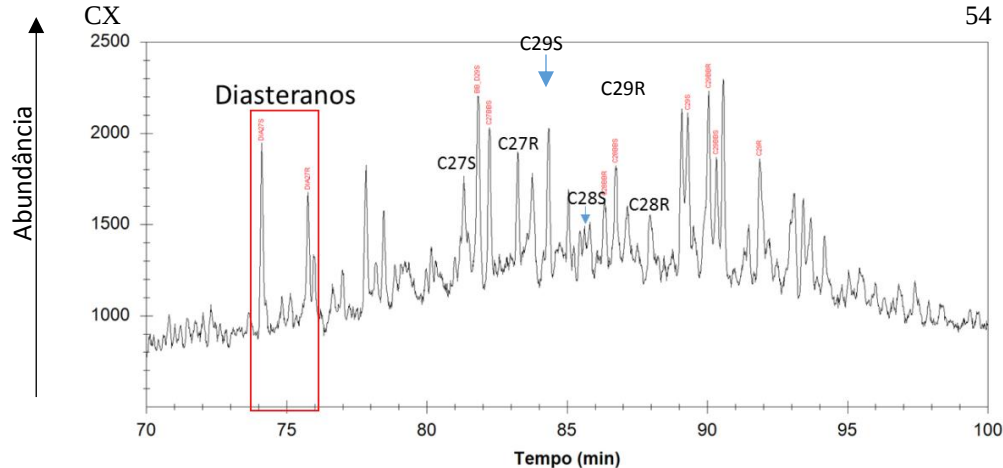
Figura 82 – Fragmentograma *m/z* 191 (terpanos) de óleo representativo do Grupo 2c do poço CX 54



Legenda: TRI – terpanos tricíclicos; TET – terpanos tetracíclicos; H – hopanos; Ts – C_{27} 18α -trisorneohopano II; Tm – C_{27} 17α -trisorhopano; Diah – diahopano e Gam – gamacerano.

Fonte: A autora, 2018.

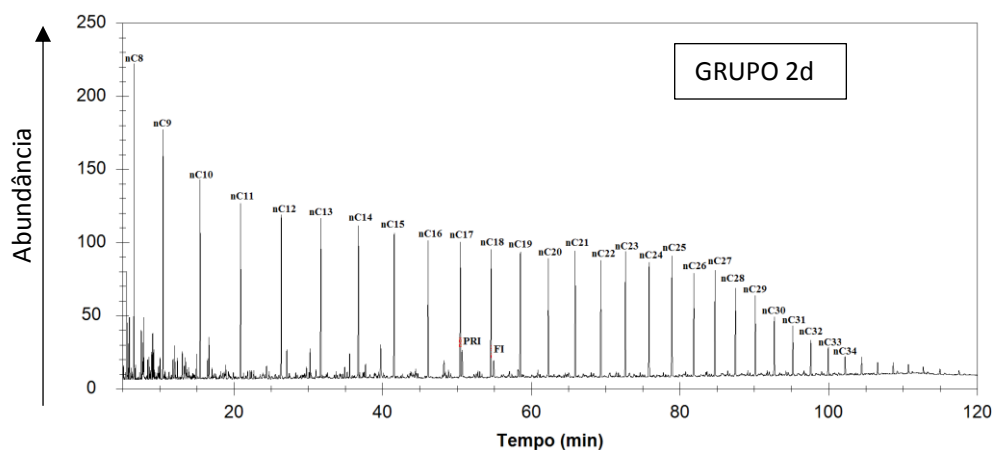
Figura 83 – Fragmentograma *m/z* 217 (esteranos) de óleo representativo do Grupo 2c do poço CX 54



Legenda: DIA – diasteranos; C_{27} , C_{28} e C_{29} – esteranos regulares.

Fonte: A autora, 2018.

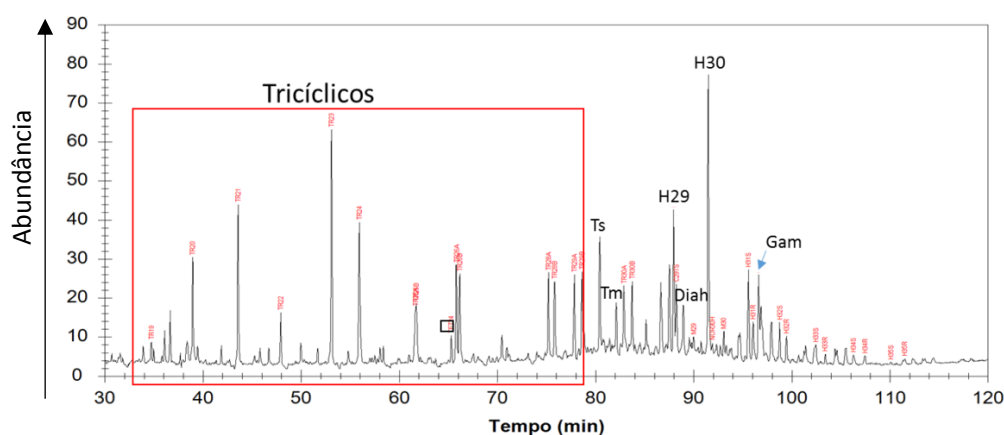
Figura 84 – Cromatograma *whole oil* de óleo representativo do Grupo 2d do poço CX 81D



Legenda: nC – *n*-parafina; PRI – Pristano; FI – Fitano.

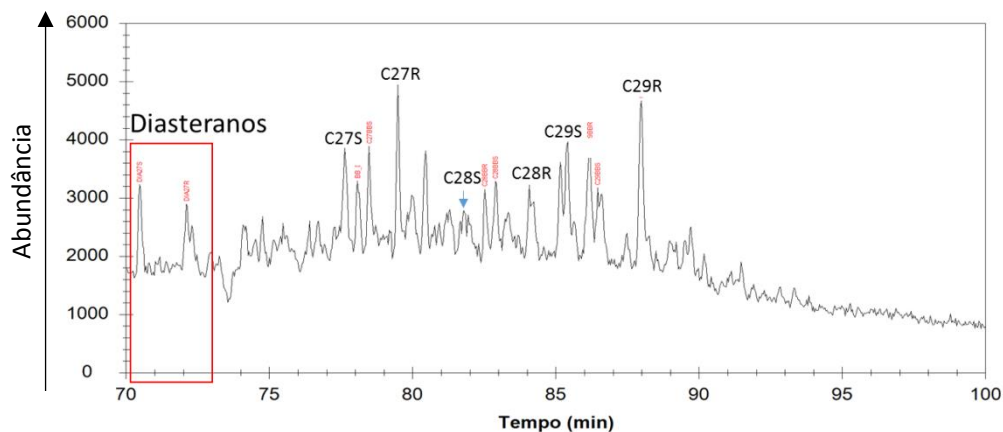
Fonte: A autora, 2018.

Figura 85 – Fragmentograma m/z 191 (terpanos) de óleo representativo Grupo 2d do poço CX 81D



Legenda: TRI – terpanos tricíclicos; TET – terpanos tetracíclicos; H – hopanos; Ts – C_{27} 18α -trisorneohopano II; Tm – C_{27} 17α -trisorhopano; Diah – diahopano e Gam – gamacerano.

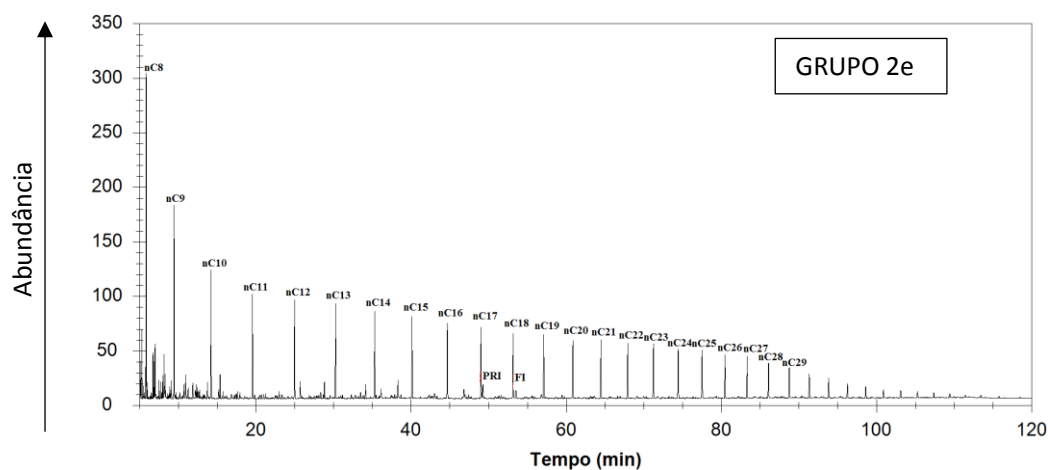
Figura 86 – Fragmentograma m/z 217 (esteranos) de óleo representativo do Grupo 2d do poço CX 81D



Legenda: DIA – diasteranos; C_{27} , C_{28} e C_{29} – esteranos regulares.

Fonte: A autora, 2018.

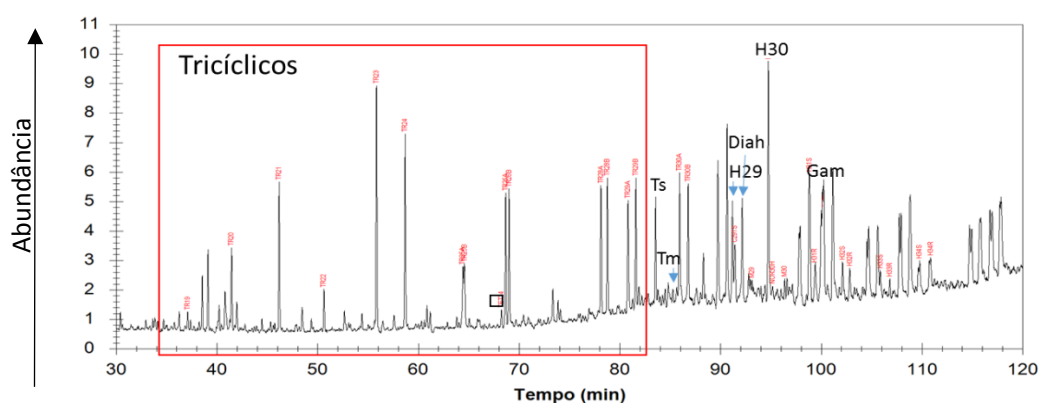
Figura 87 – Cromatograma *whole oil* representativo do óleo do Grupo 2e do poço CX 10



Legenda: nC – *n*-parafina; PRI – Pristano; FI – Fitano.

Fonte: A autora, 2018.

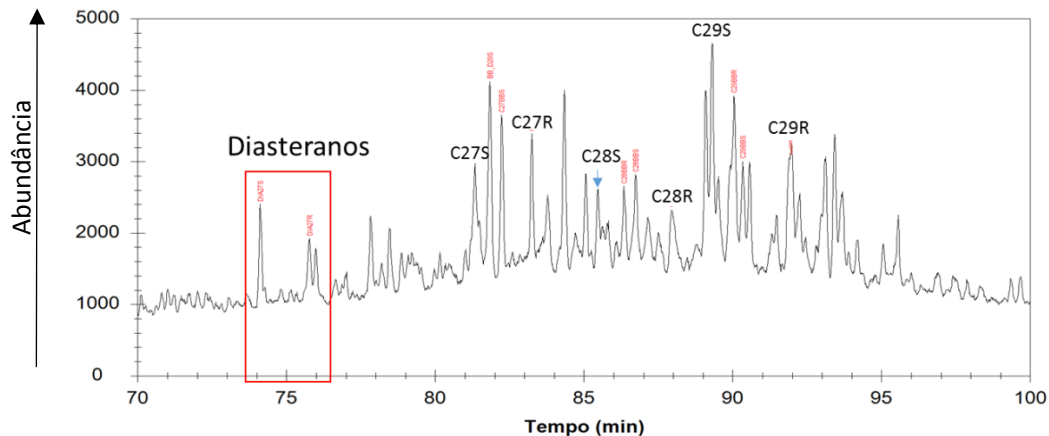
Figura 88 – Fragmentograma m/z 191 (terpanos) de óleo representativo do Grupo 2e do poço CX 10



Legenda: TRI – terpanos tricíclicos; TET – terpanos tetracíclicos; H – hopanos; Ts – C_{27} 18 α -trisorneohopano II; Tm – C_{27} 17 α -trisorhopano; Diah – diahopano e Gam – gamacerano.

Fonte: A autora, 2018.

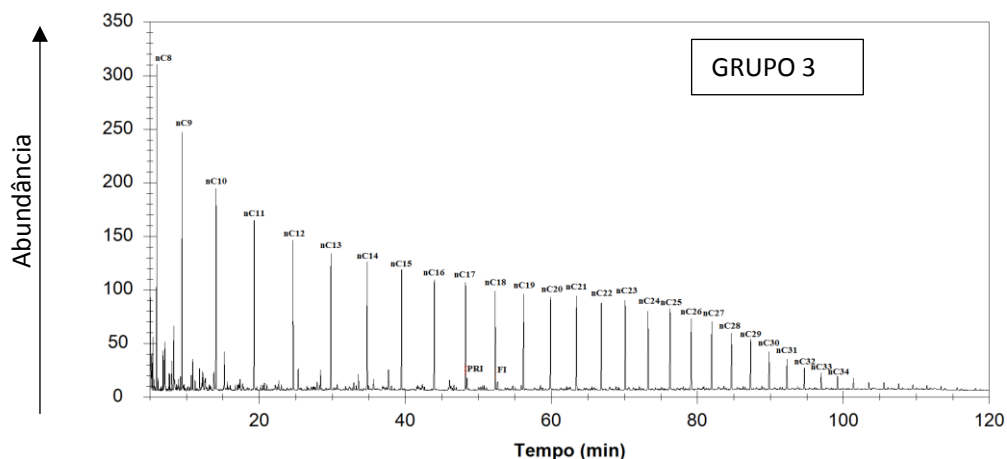
Figura 89 – Fragmentograma m/z 217 (esteranos) de óleo representativo do Grupo 2e do poço CX 10



Legenda: DIA – diasteranos; C_{27} , C_{28} e C_{29} – esteranos regulares.

Fonte: A autora, 2018.

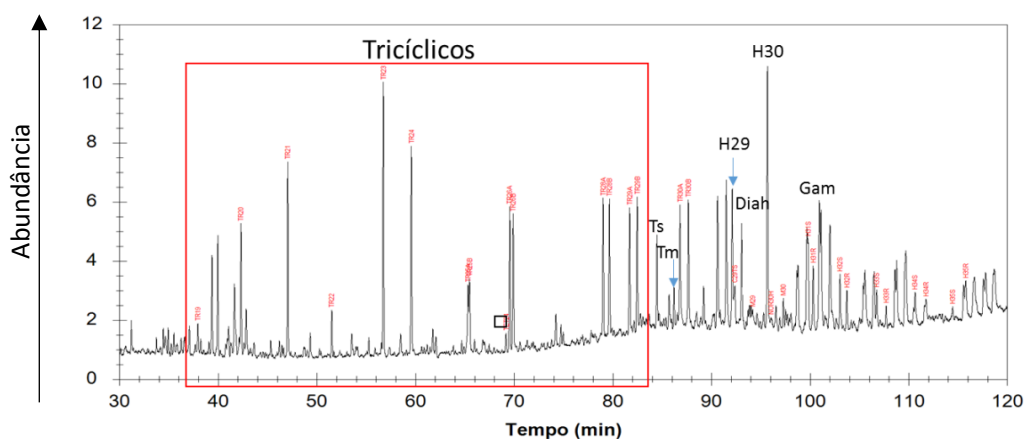
Figura 90 – Cromatograma *whole oil* de óleo representativo do Grupo 3 do poço CX 84D



Legenda: nC – *n*-parafina; PRI – Pristano; FI – Fitano.

Fonte: A autora, 2018.

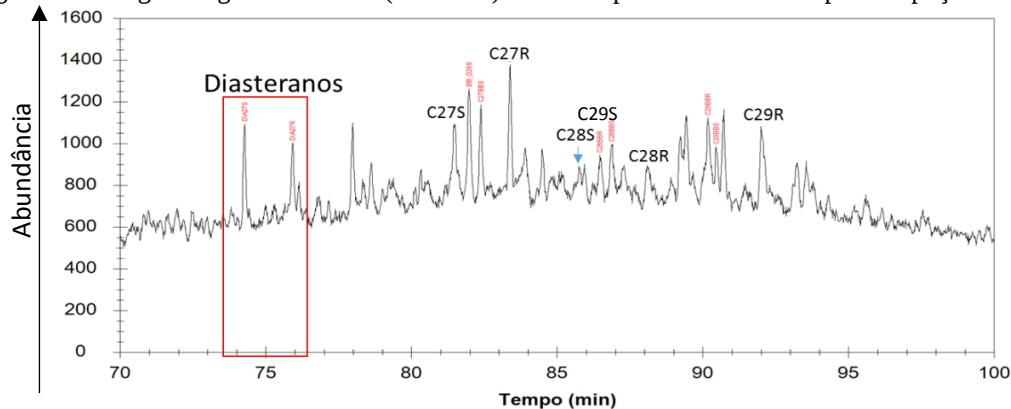
Figura 91 – Fragmentograma m/z 191 (terpanos) de óleo representativo do Grupo 3 do poço CX 84D



Legenda: TRI – terpanos tricíclicos; TET – terpanos tetracíclicos; H – hopanos; Ts – C_{27} 18 α -trisorneohopano II; Tm – C_{27} 17 α -trisorhopano; Diah – diahopano e Gam – gamacerano.

Fonte: A autora, 2018.

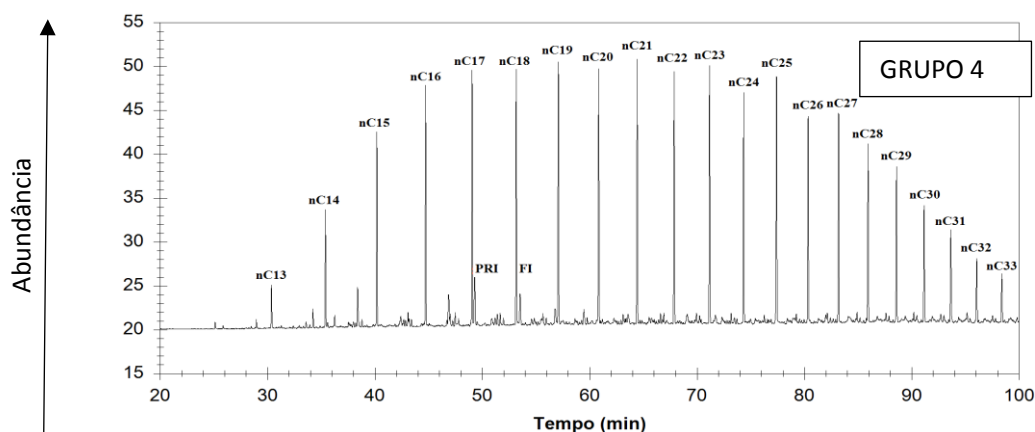
Figura 92 – Fragmentograma m/z 217 (esteranos) de óleo representativo do Grupo 3 do poço CX 84D



Legenda: DIA – diasteranos; C_{27} , C_{28} e C_{29} – esteranos regulares.

Fonte: A autora, 2018.

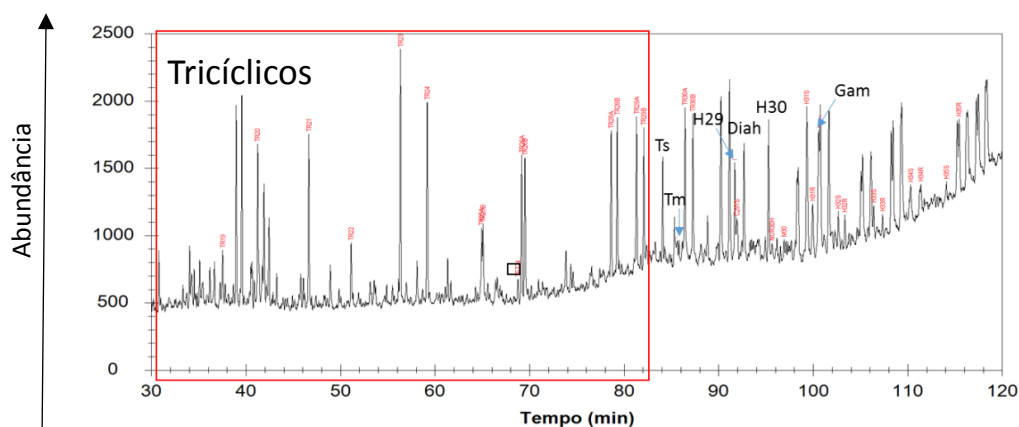
Figura 93 – Cromatograma *whole oil* de óleo representativo do Grupo 4 do poço CX 7



Legenda: nC – *n*-parafina; PRI – Pristano; PHY – Fitano.

Fonte: A autora, 2018.

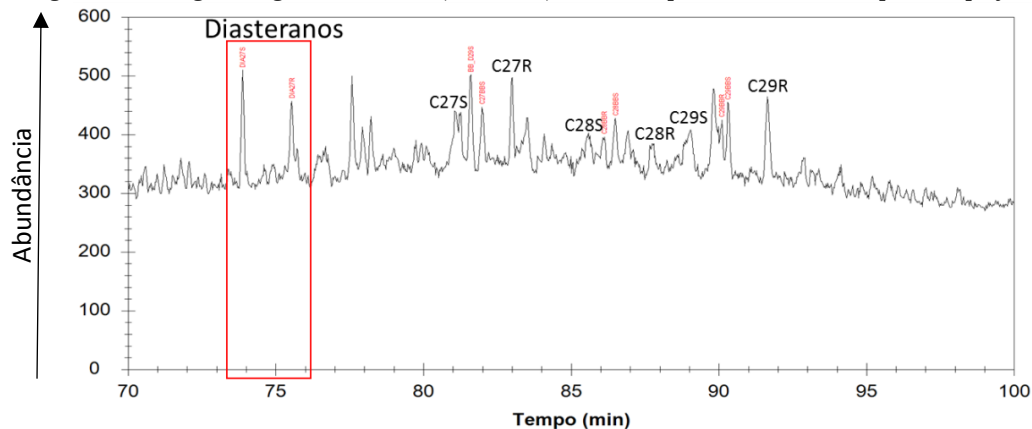
Figura 94 – Fragmentograma m/z 191 (terpanos) de óleo representativo do Grupo 4 do poço CX 7



Legenda: TRI – terpanos tricíclicos; TET – terpanos tetracíclicos; H – hopanos; Ts – C_{27} 18 α -trisorneohopano II; Tm – C_{27} 17 α -trisorhopano; Diah – diahopano e Gam – gamacerano.

Fonte: A autora, 2018.

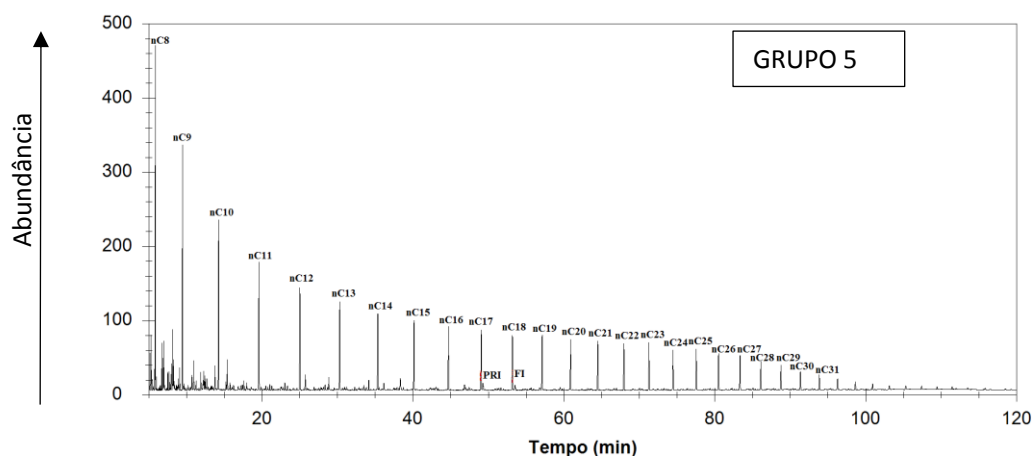
Figura 95 – Fragmentograma m/z 217 (esteranos) de óleo representativo do Grupo 4 do poço CX 7



Legenda: DIA – diasteranos; C_{27} , C_{28} e C_{29} – esteranos regulares.

Fonte: A autora, 2018.

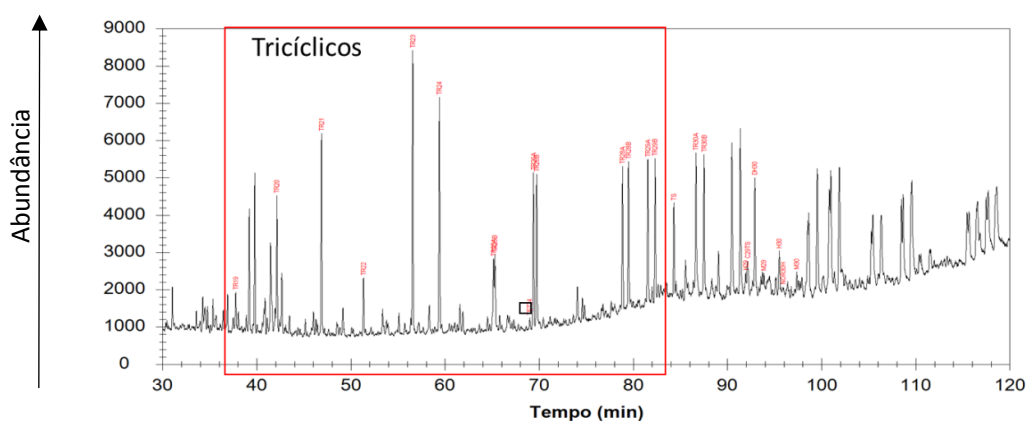
Figura 96 – Cromatograma *whole oil* de óleo representativo do Grupo 5 do poço CX 84D



Legenda: nC – *n*-parafina; PRI – Pristano; FI – Fitano.

Fonte: A autora, 2018.

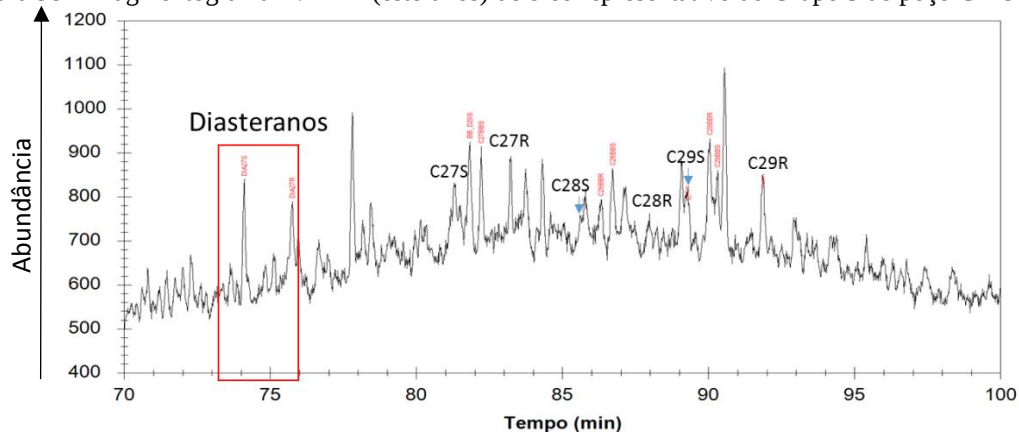
Figura 97 – Fragmentograma m/z 191 (terpanos) de óleo representativo do Grupo 5 do poço CX 84D



Legenda: TRI – terpanos tricíclicos; TET – terpanos tetracíclicos; H – hopanos; Ts – C_{27} 18 α -trisorneohopano II; Tm – C_{27} 17 α -trisorhopano; Diah – diahopano e Gam – gamacerano.

Fonte: A autora, 2018.

Figura 98 – Fragmentograma m/z 217 (esteranos) de óleo representativo do Grupo 5 do poço CX 84D



Legenda: DIA – diasteranos; C_{27} , C_{28} e C_{29} – esteranos regulares.

Fonte: A autora, 2018.

Nota-se que, em relação aos cromatogramas, os óleos dos grupos determinados apresentam-se muito homogêneos, evidenciando um padrão em rampa. Observa-se que este padrão em rampa exibe uma inclinação que aumenta do Grupo 1 para o Grupo 5. Os cromatogramas que saem deste padrão são os dos óleos dos grupos 2b e 4, afetados por uma perda da fração leve dos alcanos, associada à uma estocagem não adequada das amostras. O formato dos cromatogramas em rampa indicando o predomínio de alcanos de baixo peso molecular pode ser devido a alta maturação térmica. Com a evolução térmica, ocorre o craqueamento dos hidrocarbonetos de alto peso molecular, aumentando a abundância relativa dos *n*-alcanos de baixo peso molecular. Não é observado nenhuma variação significativa da razão 17/(17+27) *n*-alcanos concomitante com o aumento do declive do grupo 1 ao 5.

Em geral, os parâmetros de fonte das amostras do Campo de Cexis indicam origem de rochas geradoras que foram depositadas em ambiente lacustre, devido ao seu elevado conteúdo de saturados (67-90 %), razão Pristano/Fitano variando de 1,2 a 1,8, elevada concentração de TPP (0,9) e valores de isótopos do carbono em óleo total leves (< -28 ‰). As amostras estudadas não apontam evidências de óleos biodegradados, principalmente por manter intacta a fração leve dos óleos e devido à ausência tanto de 25-norhopano quanto de mistura complexa não resolvida, conhecida com UTM. Tal interpretação está de acordo com interpretações sobre ambiente deposicional das rochas geradoras realizadas por Mello *et al.* (1988b) e Aguiar (2005).

Os fragmentogramas de *m/z* 191 dos terpanos não apresentam mudanças proeminentes, exceto nas razões de Tricíclicos/Hopanos, Diahopano/Hopano e Gamacerano/Hopano. Nestas razões, constata-se um evidente aumento progressivo do Grupo 1 para o Grupo 5, o que sugere um trende de maturação térmica de óleos de uma mesma fonte.

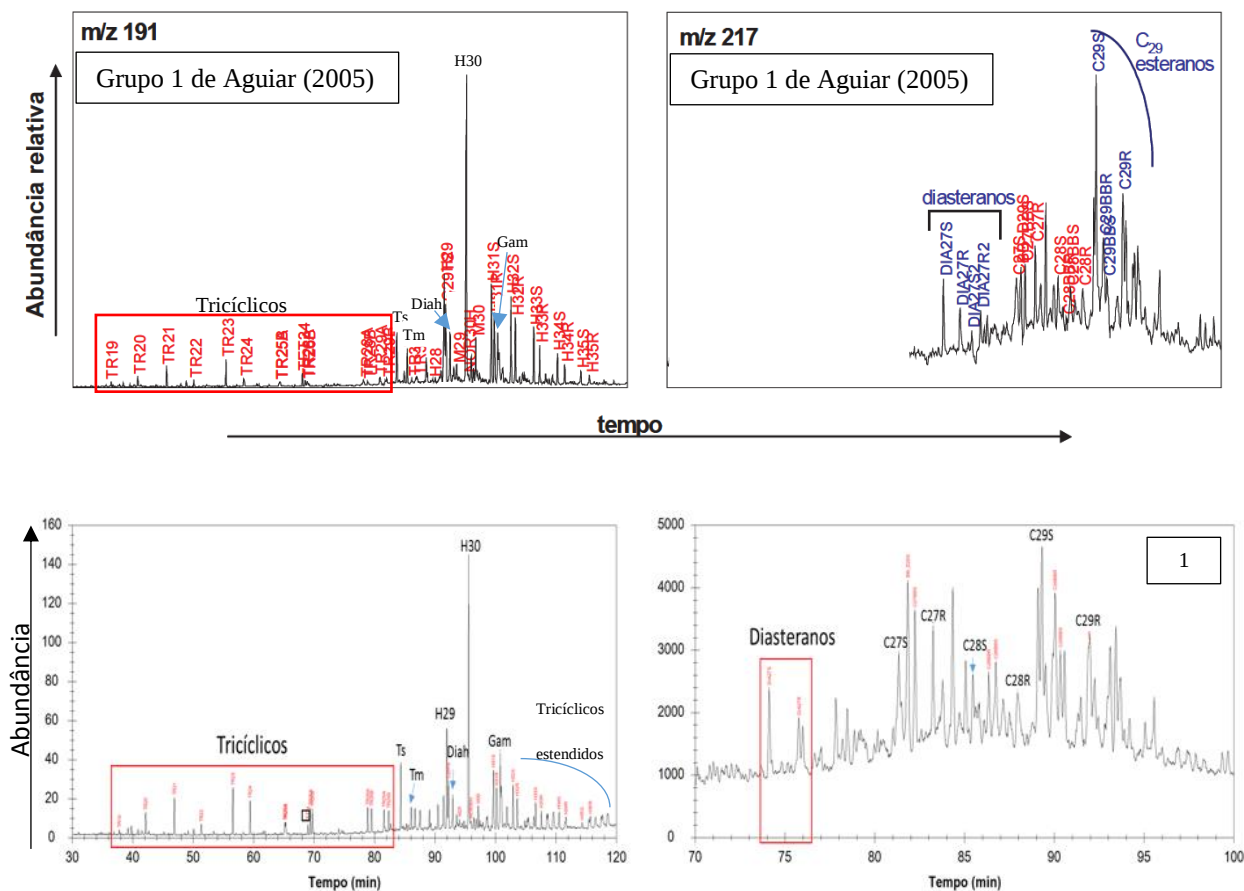
Através dos fragmentogramas de *m/z* 217 (esteranos) verifica-se que os grupos 3, 4 e 5 possuem uma baixa concentração de esteranos, o que pode se constituir em uma evidência de que esses grupos indicam maior maturação termal do que os demais. Verifica-se também um aumento progressivo da abundância dos diasteranos em relação aos esteranos regulares do Grupo 1 até o 2e, exceto o subgrupo 2d, que exibe baixa concentração de diasteranos em relação aos esteranos regulares. Constata-se que a concentração de C₂₉ esteranos $\alpha\beta\beta$ sobre $\alpha\alpha\alpha$ é menor no subgrupo 2e e maior no subgrupo 2b, não sendo possível discernir um padrão de evolução bem definido no conjunto dos grupos de óleos.

6.2 Comparação dos grupos de óleos do Campo de Cexis com os grupos de óleos definidos por Aguiar (2005) para a Bacia do Recôncavo

Aguiar (2005) investigou o aspecto do cromatograma gasoso dos óleos da Bacia do Recôncavo. A autora fez a correlação dos óleos da bacia para diferenciá-los em famílias, utilizando parâmetros globais, tais como *n*-parafinas e isoprenoides, além de analisar a composição em frações, razões moleculares de biomarcadores, composição isotópica de carbono e parâmetros físicos de densidade, grau API e viscosidade, da bacia. Neste trabalho, Aguiar (2005) identificou três grandes grupos de óleos e cinco microgrupos de óleos e os denominou de grupos 1 a 3, e os microgrupos de 4 a 8, com base nos resultados de terpanos (fragmentograma *m/z* 191) e esteranos (fragmentograma *m/z* 217). Sendo que o grupo 1 de Aguiar (2005) foi subdividido em grupo 1 e grupo 1 com alta evolução térmica. Estes grupos estão distribuídos em diferentes campos de petróleo da bacia, inseridos nos compartimentos sul e central.

Cotejando os grupos daquela autora e os do presente estudo, nota-se que os grupos estabelecidos por Aguiar (2005) que mais se assemelharam aos grupos definidos nesta dissertação foram os que a autora classificou como grupo 1 e grupo 1 com alta evolução térmica. Os grupos 4 e 5 desta dissertação não possuem correspondência com nenhum grupo descrito por Aguiar (2005), provavelmente em virtude da altíssima evolução térmica que as amostras destes grupos denotam. Os demais grupos e subgrupos deste estudo foram posicionados em uma escala gradual entre o grupo 1 e o grupo 1 com alta evolução térmica, como verifica nas Figuras 99, 100 e 101.

Figura 99 – Comparação dos fragmentogramas m/z 191 e m/z 217 do grupo 1 de Aguiar (2005) (acima) com os do Grupo 1 definido por esta dissertação (abaixo)



concerne aos terpanos, as razões de Tricíclicos/Hopanos e Ts/(Ts+Tm) são maiores no que o grupo 1 e menores do que no grupo 1 com alta maturação de Aguiar (2005). Em relação ao índice de gamacerano, verifica-se que os valores nos subgrupos 2a e 2b são maiores que os do grupo 1 e semelhantes aos do grupo 1 com alta maturação de Aguiar (2005). Quanto aos tricíclicos estendidos, os dos subgrupos 2a e 2b são mais abundantes dos que os do grupo 1 de Aguiar (2005) e menos abundantes do que os do grupo 1 com alta maturação de Aguiar (2005). No tocante aos esteranos, os subgrupos 2a e 2b indicam forte semelhança com o grupo 1 com alta maturação de Aguiar (2005), de modo geral, com os $C_{29}\alpha\beta\beta$ esteranos prevalecendo sobre os $C_{29}\alpha\alpha\alpha$ esteranos.

Verificou-se que os óleos dos subgrupos 2c, 2d e 2e e os do Grupo 3 desta dissertação condiziam com os óleos do grupo 1 com alta maturação de Aguiar (2005) e registrou-se a semelhança dos mesmos através da Figura 101. Dentre os grupos em estudo, o que mais se igualou com o grupo 1 com alta maturação de Aguiar (2005) foi o 2e, principalmente no que diz respeito aos hopanos. Constata-se equivalência entre esses grupos sobre as razões: Tricíclicos/Hopanos, $Ts/(Ts+Tm)$, Diahopano/Hopano, Norhopano/Hopano, índice de gamacerano e Tricíclicos estendidos (Tabela 14 no Apêndice D). Acerca dos esteranos, as afinidades persistem, por via de regra, com os $C_{29}\alpha\beta\beta$ esteranos prevalecendo sobre os $C_{29}\alpha\alpha\alpha$. Por outro lado, o subgrupo 2d é o que menos se parece com o grupo 1 com alta maturação de Aguiar (2005), com razões menores de Tricíclicos estendidos, $Ts/(Ts+Tm)$ e Diahopano/Hopano. Sobre os esteranos, o subgrupo 2d apresenta os $C_{29}\alpha\beta\beta$ esteranos menos abundantes ou equivalentes aos $C_{29}\alpha\alpha\alpha$ esteranos, o que os difere dos óleos do grupo 1 com alta maturação de Aguiar (2005), nos quais os $C_{29}\alpha\beta\beta$ esteranos predominam sobre os $\alpha\alpha\alpha$.

Os óleos do subgrupo 2c e do Grupo 3 deste estudo são parecidos entre si quanto aos terpanos, apenas diferindo sobre a razão $Ts/(Ts+Tm)$, que é menor no Grupo 3. A respeito do grupo 1 com alta maturação de Aguiar (2005), o subgrupo 2c é mais parecido do que o Grupo 3. A maior diferença entre o subgrupo 2c e o definido por Aguiar (2005) reside nos Tricíclicos estendidos, que são mais proeminentes no grupo 1 com alta maturação. Óleos do Grupo 3, além dos Tricíclicos estendidos, possuem a razão $Ts/(Ts+Tm)$ mais baixa em relação à do grupo de Aguiar (2005). Analisando os esteranos, contempla-se que, em geral, no subgrupo 2c os $C_{29}\alpha\beta\beta$ esteranos são mais abundantes do que os $\alpha\alpha\alpha$, em consonância com o grupo 1 com alta maturação de Aguiar (2005), em contraste, no Grupo 3 observa-se uma maior equivalência entre os $C_{29}\alpha\beta\beta$ esteranos e os $C_{29}\alpha\alpha\alpha$.

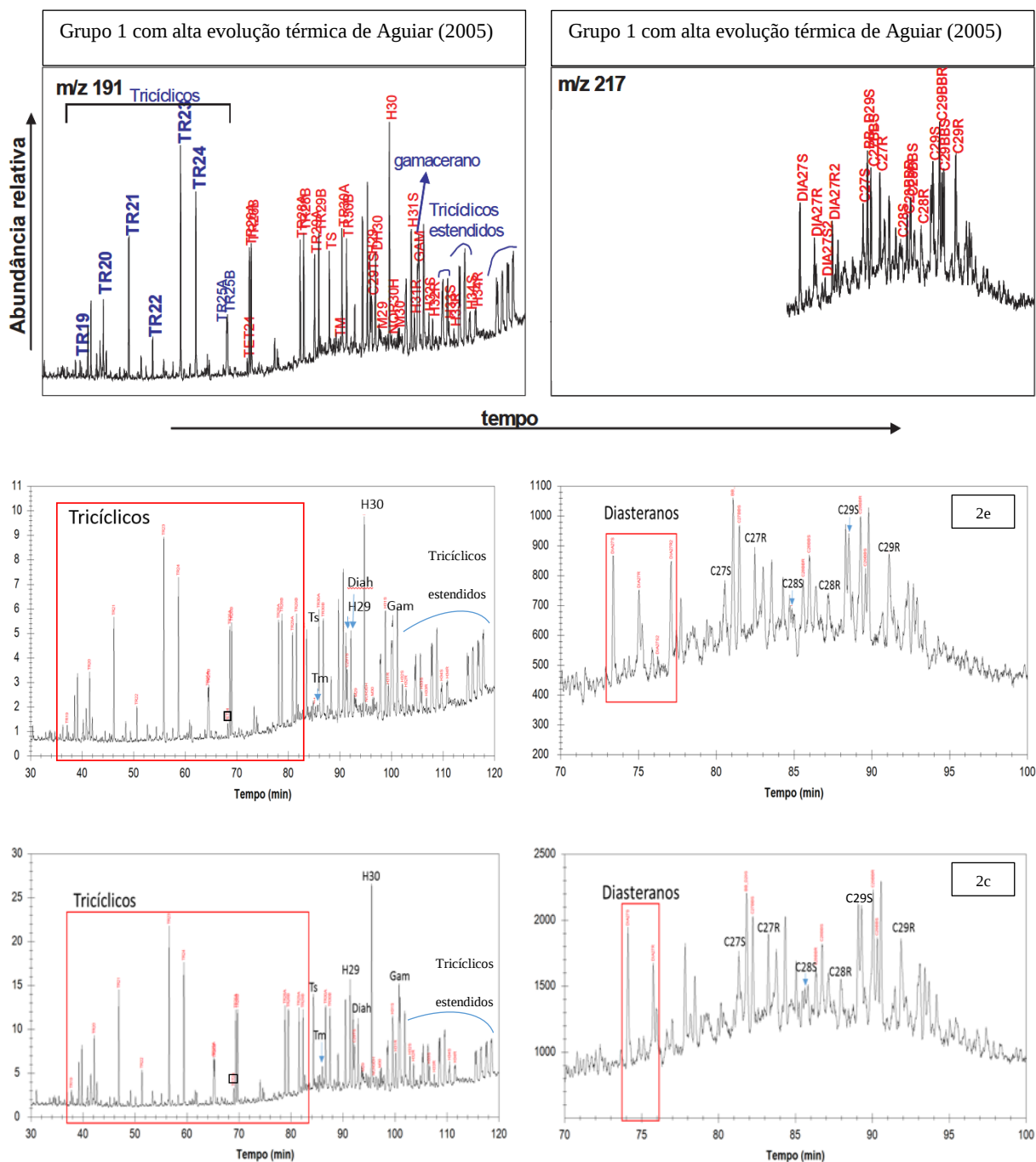
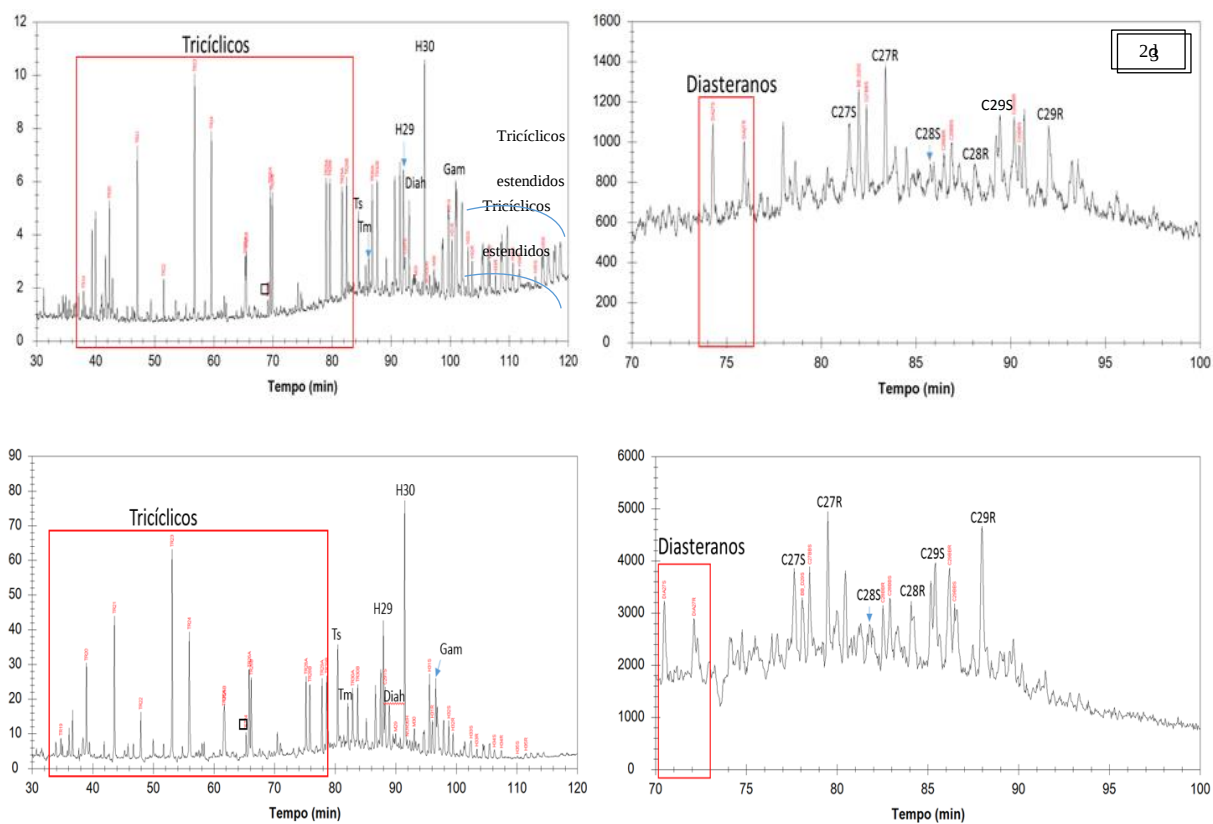


Figura 101 - Comparação dos fragmentogramas m/z 191 e m/z 271 de óleos do grupo 1 de alta evolução térmica de Aguiar (2005) com os óleos dos subgrupos 2e, 2c e do Grupo 3 e do subgrupo 2d do presente estudo, ordenados de cima para baixo por grau de afinidade com o grupo 1 com alta evolução térmica de Aguiar (2005) (Conclusão)



Fonte: A autora, 2018.