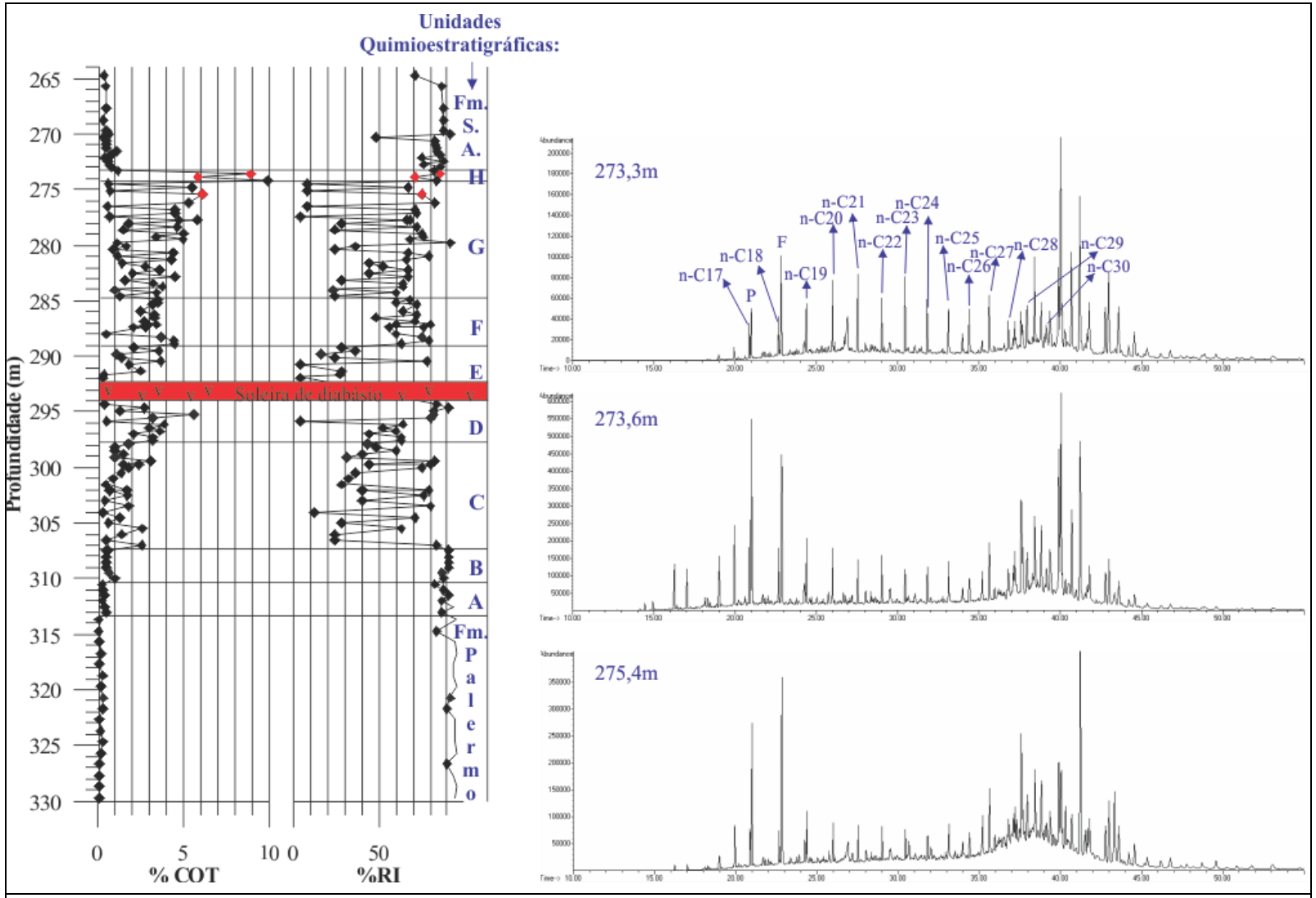

Figura 55 - Cromatogramas de íons totais das amostras destacadas em vermelho nos gráficos de carbono orgânico total e resíduo insolúvel: 275,4m (Unidade Quimioestratigráfica G), 273,6m e 273,3 (Unidade Quimioestratigráfica H) - Formação Irati. (Membro Assistência).

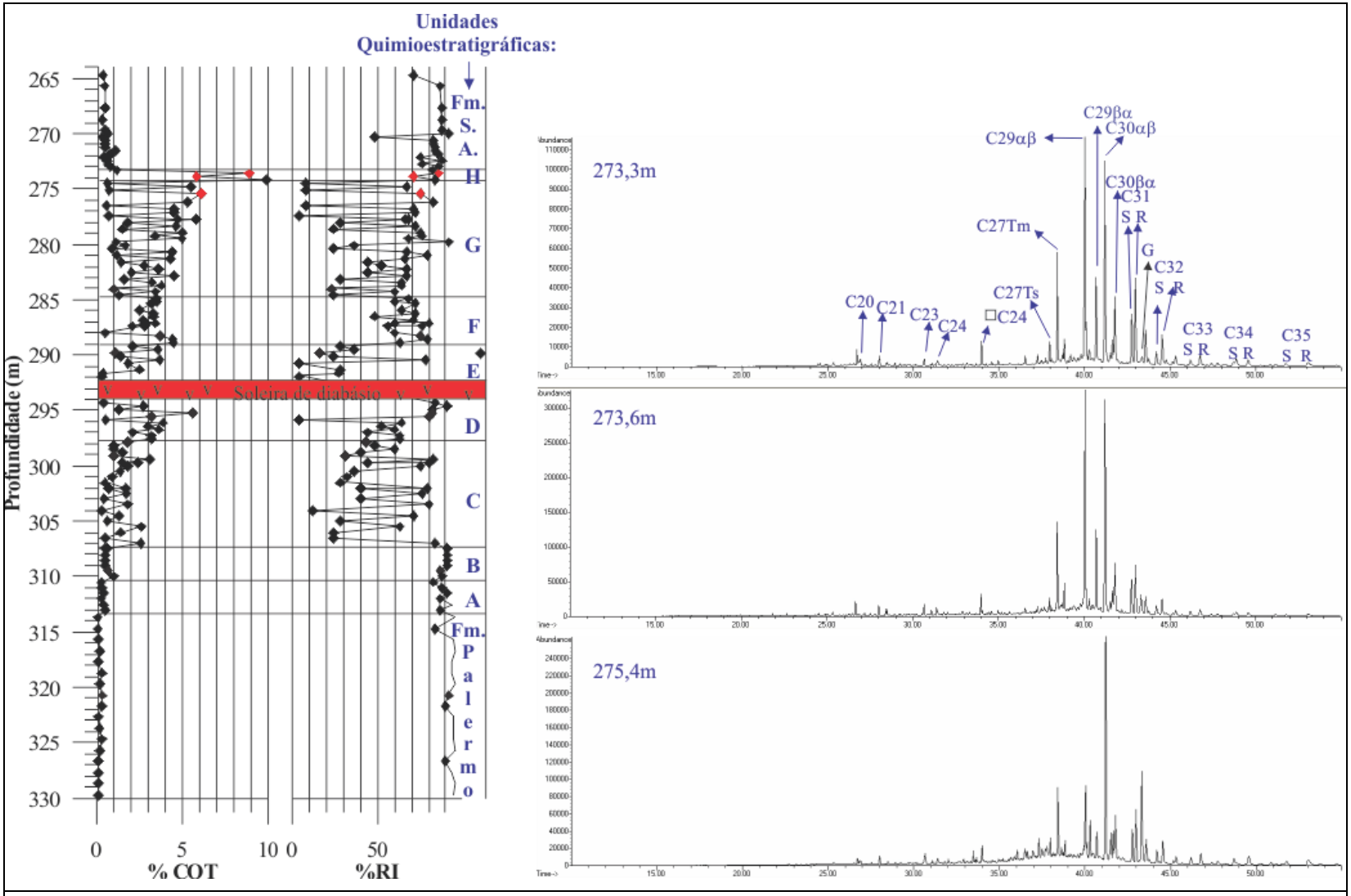

Figura 56 - Fragmentograma *m/z* 191 das amostras destacadas em vermelho nos gráficos de carbono orgânico total e resíduo insolúvel: 275,4m (Unidade Quimioestratigráfica G), 273,6m e 273,3 (Unidade Quimioestratigráfica H) - Formação Irati. (Membro Assistência).

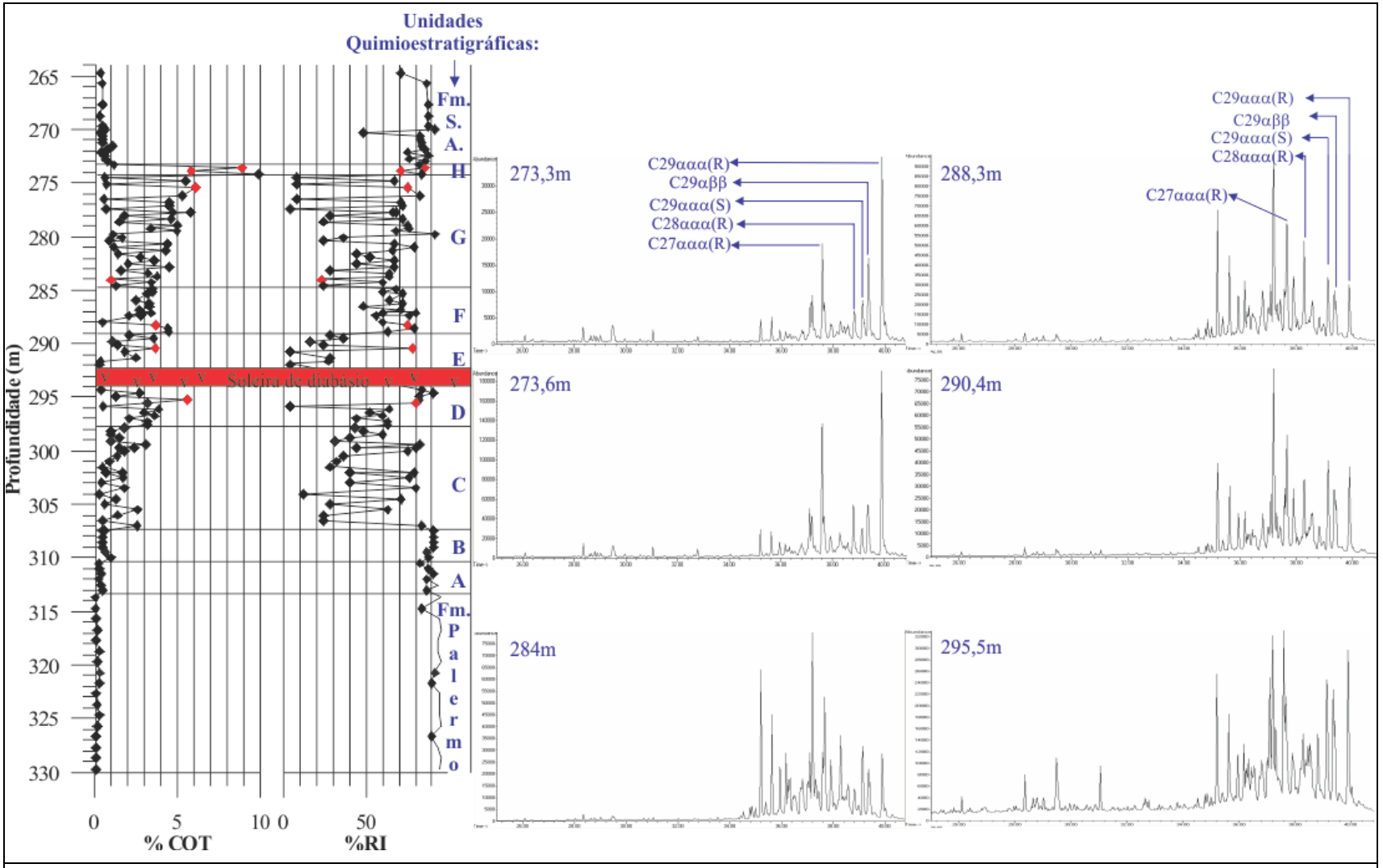

Figura 57 - Fragmentograma *m/z* 217 das amostras destacadas em vermelho nos gráficos de carbono orgânico total e resíduo insolúvel: 295,5m (Unidade Quimioestratigráfica D), 290,4m (Unidade Quimioestratigráfica E), 288,3m (Unidade Quimioestratigráfica F), 284m (Unidade Quimioestratigráfica G), 273,6m e 273,3m (Unidade Quimioestratigráfica H) - Formação Irati. (Membro Assistência).

4.1.4 Formação Serra Alta

A porção basal da Formação Serra Alta é composta essencialmente por siliciclástico, indicado pelos altos teores de resíduo insolúvel (RI). Este intervalo registra teores de carbono orgânico total (COT) e enxofre (S) inferiores a 1%, típicos de ambiente oxidante (ver Figura 28).

Em relação ao Membro Assistência, ocorre significativa diminuição do potencial gerador (valores de S_2 < 1,27mg HC/g Rocha) e do índice de hidrogênio (predominando valores de IH menores que 200mg HC/g COT) (Figura 28). Segundo o diagrama tipo Van Krevelen, a matéria orgânica da Formação Serra Alta está parcialmente oxidada (valores de IO maiores que 50 mg HC/g COT), sendo classificada como querogênio tipo III/IV (Figura 58c).

A principal diferença entre a Formação Serra Alta e o Membro Assistência é indicada pelo aumento relativo dos alcanos lineares de alta massa molecular em relação aos cicloalcanos e isoalcanos nos cromatogramas de íons totais (TIC) (Figura 59).

Outras diferenças são mostradas nos esteranos (m/z217) como aumento das razões diasterano/esterano (Figura 61) e C29$\alpha\alpha\alpha$/C27$\alpha\alpha\alpha$ (esteranos) (Figura 61),; e nos terpanos pelo aumento das proporções de triciclicos, C24tetraciclicos, hopanos C27Tm-norhopano, e C30$\beta\alpha$–moretano e pelas reduções com quase ausência do gamacerano (Figura 60), refletindo influência de material terrestre em um ambiente de sedimentação essencialmente siliciclástico oxidante.

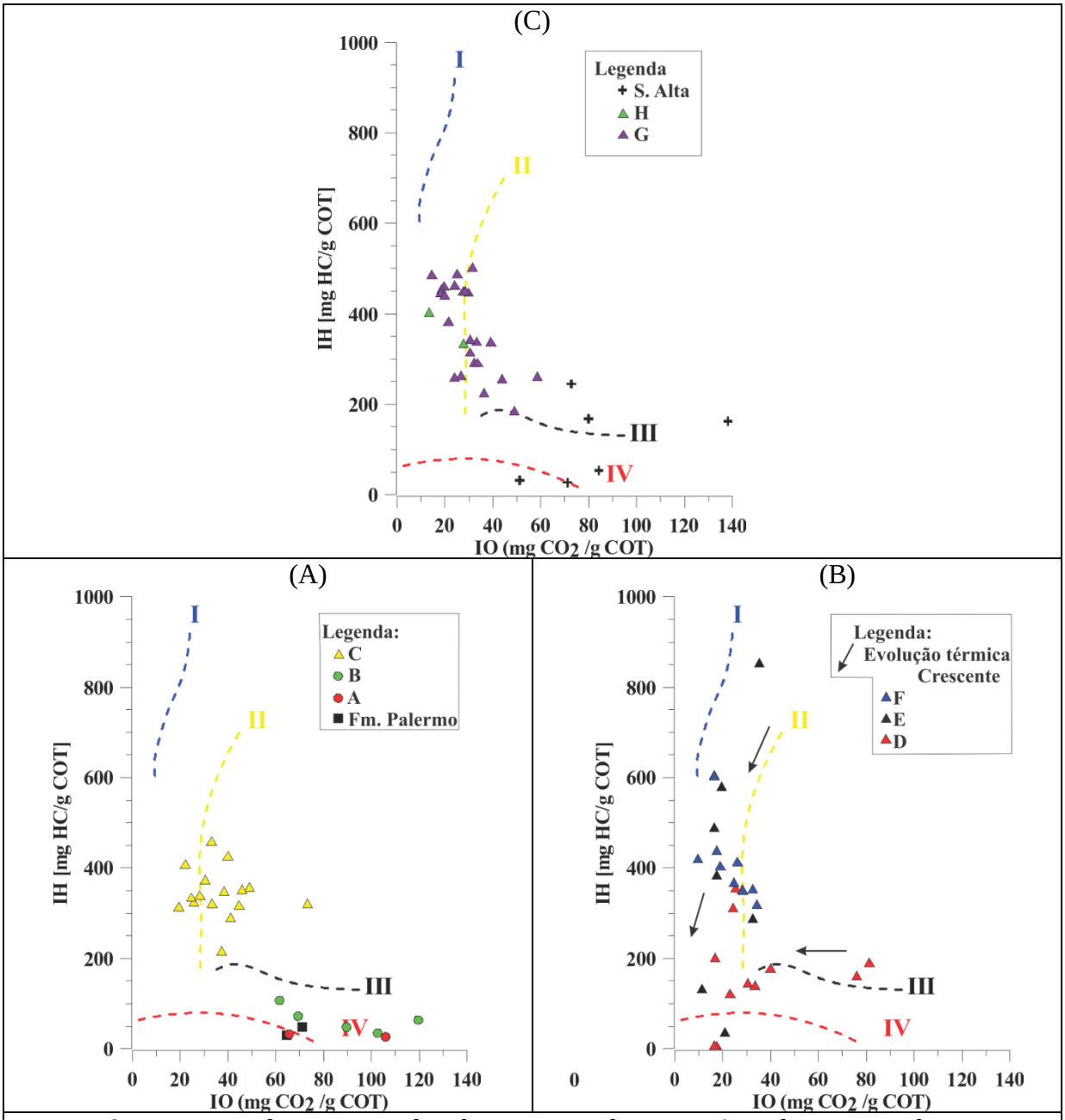

Figura 58 - Diagrama de Van Krevelen das amostras da Formação Palermo, Membro Taquaral, e Unidade Quimioestratigráfica C (A), Unidades Quimioestratigráficas D - F(B), e Unidades Quimioestratigráficas G e H e Formação Serra Alta (C).

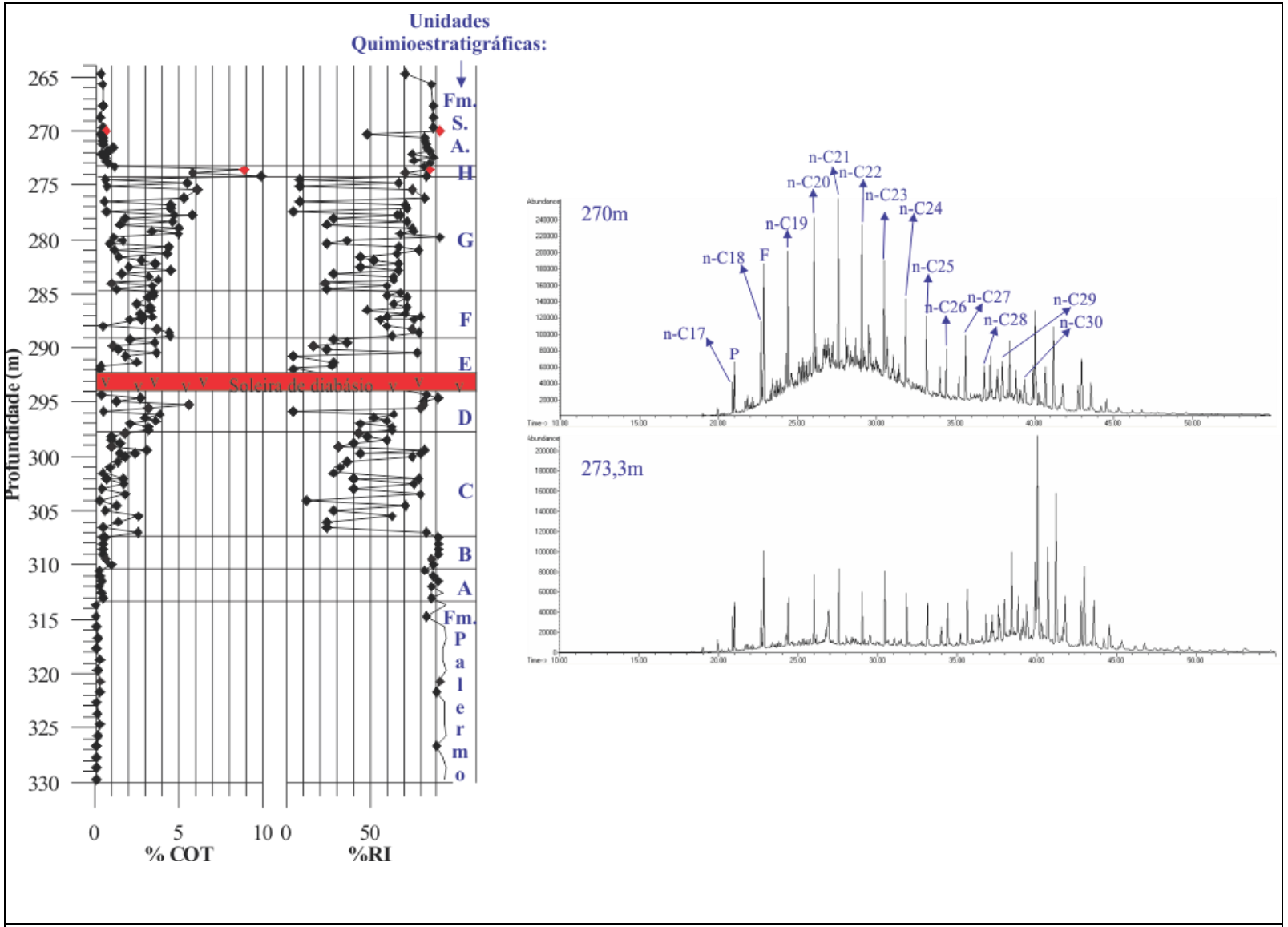

Figura 59 - Cromatogramas de íons totais das amostras destacadas em vermelho nos gráficos de carbono orgânico total e resíduo insolúvel: 273,3m (Unidade Quimioestratigráfica H - - Formação Irati) e 270m da Formação Serra Alta.

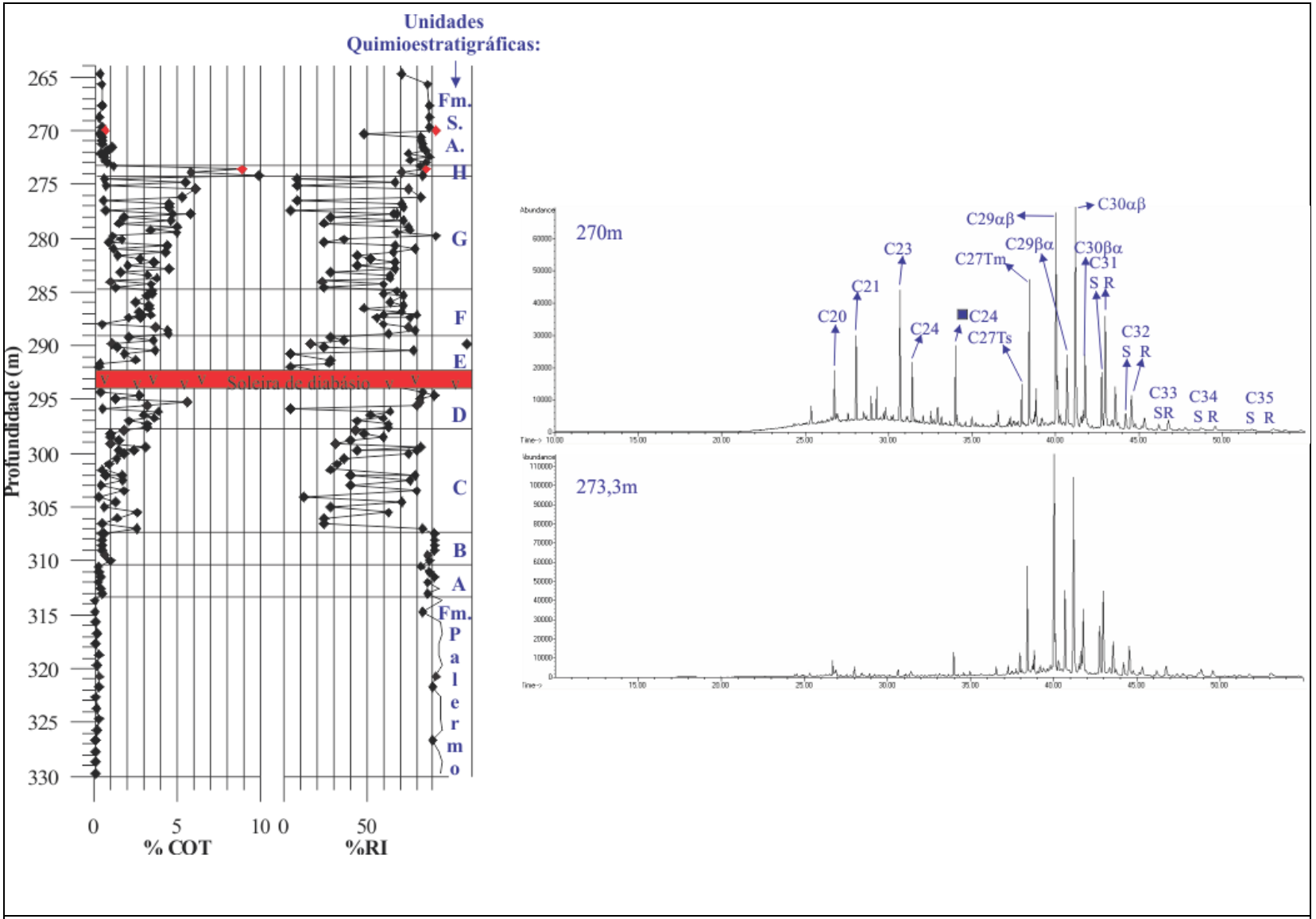

Figura 60 - Fragmentograma *m/z* 191 das amostras destacadas em vermelho nos gráficos de carbono orgânico total e resíduo insolúvel: 273,3m (Unidade Quimioestratigráfica H - - Formação Irati) e 270m da Formação Serra Alta.

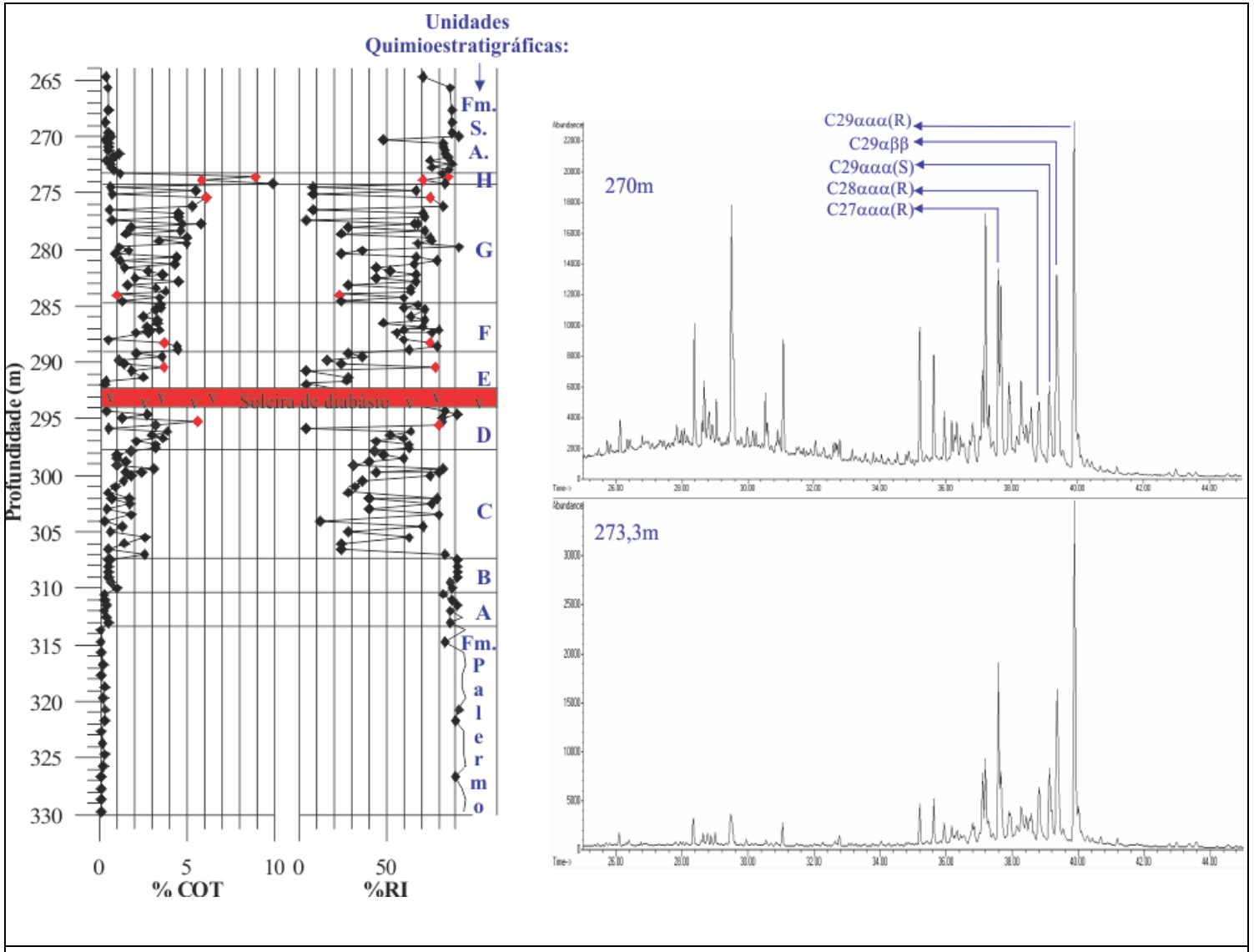

Figura 61 - Fragmentograma *m/z* 217 das amostras destacadas em vermelho nos gráficos de carbono orgânico total e resíduo insolúvel: 273,3m (Unidade Quimioestratigráfica H - Formação Irati) e 270m da Formação Serra Alta.

4.2 Evolução Térmica

A soleira de diabásio presente no perfil possui espessura de 2,4 m e aproveitou o contraste reológico entre os folhelhos da unidade quimioestratigráfica D e os carbonatos da Unidade Quimioestratigráfica E para a sua acomodação (Figura 28). Considerando a espessura de aproximadamente 40 m da Formação Irati e as condições de soterramento raso da unidade desta área, esta soleira seria a principal fonte de calor capaz de causar modificações nos valores de maturação da matéria orgânica em partes desta formação.

Os cromatogramas de íons totais (TIC) e *m/z* 85 apresentaram aumento relativo de alcanos lineares próximos à intrusão de diabásio, predominando n-alcanos de alta massa molecular (maiores que *n*-C21), o que evidencia que não houve acentuado craqueamento destes hidrocarbonetos em outros de massa molecular menor.

As razões dos homohopanos estendidos, C31αβ$\left(\frac{S}{S+R}\right)$ e C32αβ$\left(\frac{S}{S+R}\right)$, atingiram os seus valores máximos de equilíbrio, entre 0,59 e 0,60, ao redor da intrusiva (293,9 m e 291,5 m). Daí, para o topo e para a base da formação observa-se uma diminuição para valores próximos de 0,42, indicando a baixa evolução térmica original da Formação Irati na área do FP-12-PR, quando não afetada pelas intrusões de diabásio (Figuras 62).

Os valores da razão esteranos C29αααα$\left(\frac{S}{S+R}\right)$ para o mesmo segmento alcança valores máximos de aproximadamente de 0,53, valor de estabilização da isomerização em C-20 nos esteranos. Para abaixo e acima da intrusiva, os valores diminuem até se estabilizarem em torno de 0,22, que igualmente sugerem uma baixa evolução térmica original para formação na área. Por outro lado, utilizando a fórmula de Sofer *et al*. (1993), que possibilita a conversão dos valores da razão C29αααα$\left(\frac{S}{R}\right)$ em valores de refletância da vitrinita, obtém-se valores de 0,91 % em torno da intrusiva e de 0,49 % nos intervalos situados fora da ação térmica da intrusão de diabásio (Figuras 62).

A observação da Figura 62 permite facilmente visualizar que o efeito térmico abaixo e acima da intrusiva foi bastante diferente. Abaixo da intrusiva é possível perceber que o efeito atingiu no máximo 3,0 metros de espessura, equivalente a 1,25 vezes a espessura da intrusiva, enquanto que acima as modificações térmicas são sentidas até 13,9 m, correspondentes a 5,79 vezes a espessura da soleira de diabásio.

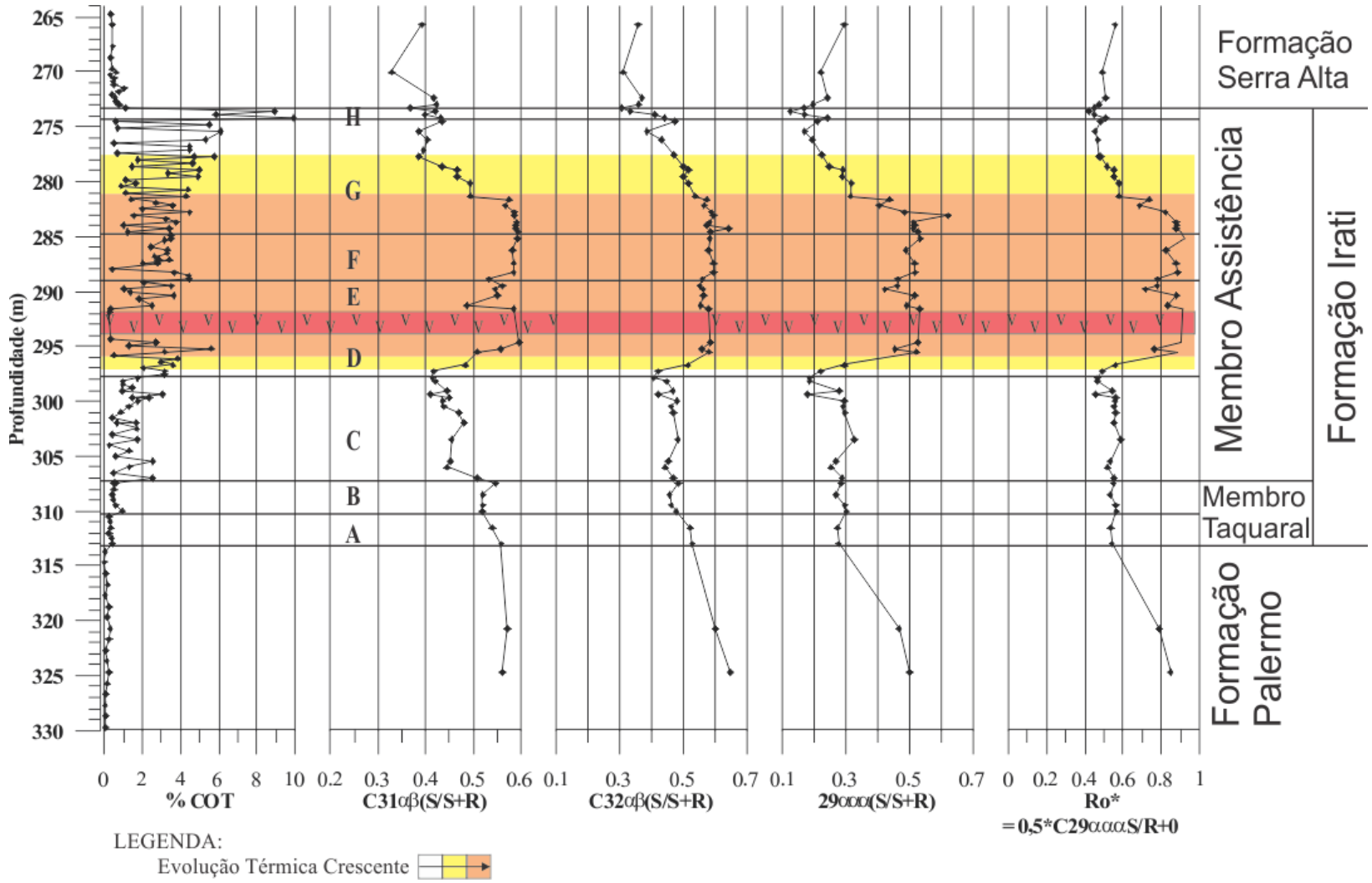

Figura 62 - Gráficos de Carbono orgânico total (COT) e de razões de biomarcadores que indicam evolução térmica.

Se considerarmos apenas a espessura em que os parâmetros geoquímicos atingiram o seu ponto de equilíbrio máximo, ou seja: de 0,55 a 0,57 nas razões homohopanos C31αβ$\left(\frac{S}{S+R}\right)$ e C32αβ$\left(\frac{S}{S+R}\right)$ (Figuras 62, 63 e 65) e entre 0,52 e 0,55 nos esteranos C29αααα$\left(\frac{S}{S+R}\right)$ (Figuras 62, 64 e 66), este efeito térmico foi de aproximadamente 1,0 metros abaixo da intrusiva e 8,0 metros acima. Corresponderia ao intervalo onde os valores equivalentes de refletância da vitrina seriam iguais ou superiores a 0,85%, mostrando que houve maturação da matéria orgânica suficiente para a geração de óleo e gás (Figuras 62, 64 e 66).

A diferença de comportamento da condutividade térmica do folhelho (1,93 W/m^{o}C) e do calcário (2,99 W/m^{o}C) confere o maior fluxo de calor pelas camadas carbonáticas, que levaria a dissipação de calor da intrusão de diabásio a maiores distâncias.

A Unidade Quimioestratigráfica E (acima da soleira) compreende aos valores relativos de gamacerano mais elevados, a presença de sais eleva a condutividade térmica em até 3,33 vezes a condutividade térmica do folhelho.

Outro fator que deve ser levado em consideração é presença a de água (0,61W/m^{o}C) e/ou ar (0,026W/m^{o}C) preenchendo os poros na camada de folhelho. Estes elementos capturam o calor e diminuem o efeito térmico, agindo, assim, como isolantes térmicos.

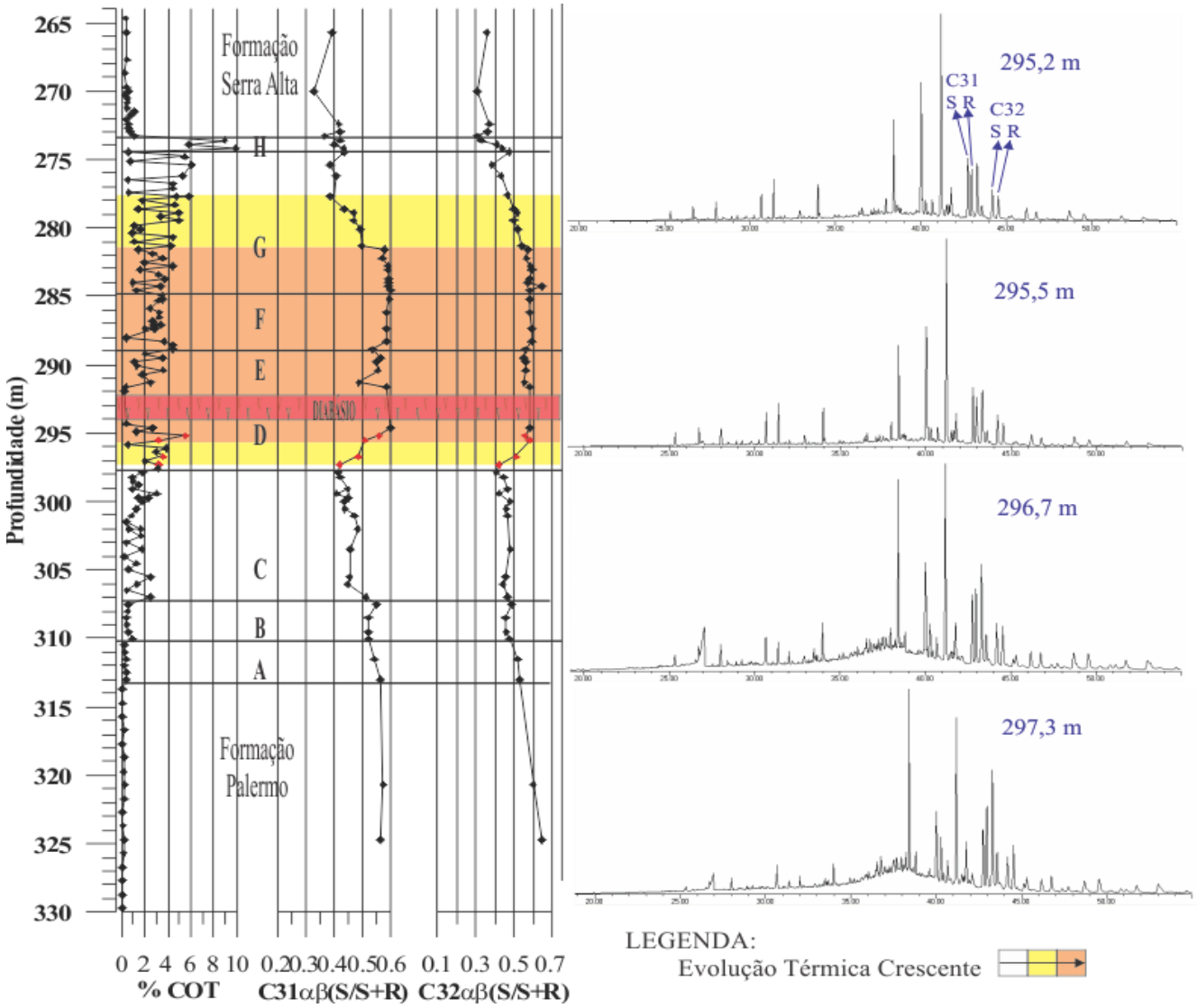

Figura 63 - Gráficos de Carbono orgânico total (COT) , e dos homohopanos C31αβ e C32αβ com os fragmentogramas *m/z191* das amostras 297,3m, 296,7m. 295,5m e 295,2m, em vermelho.

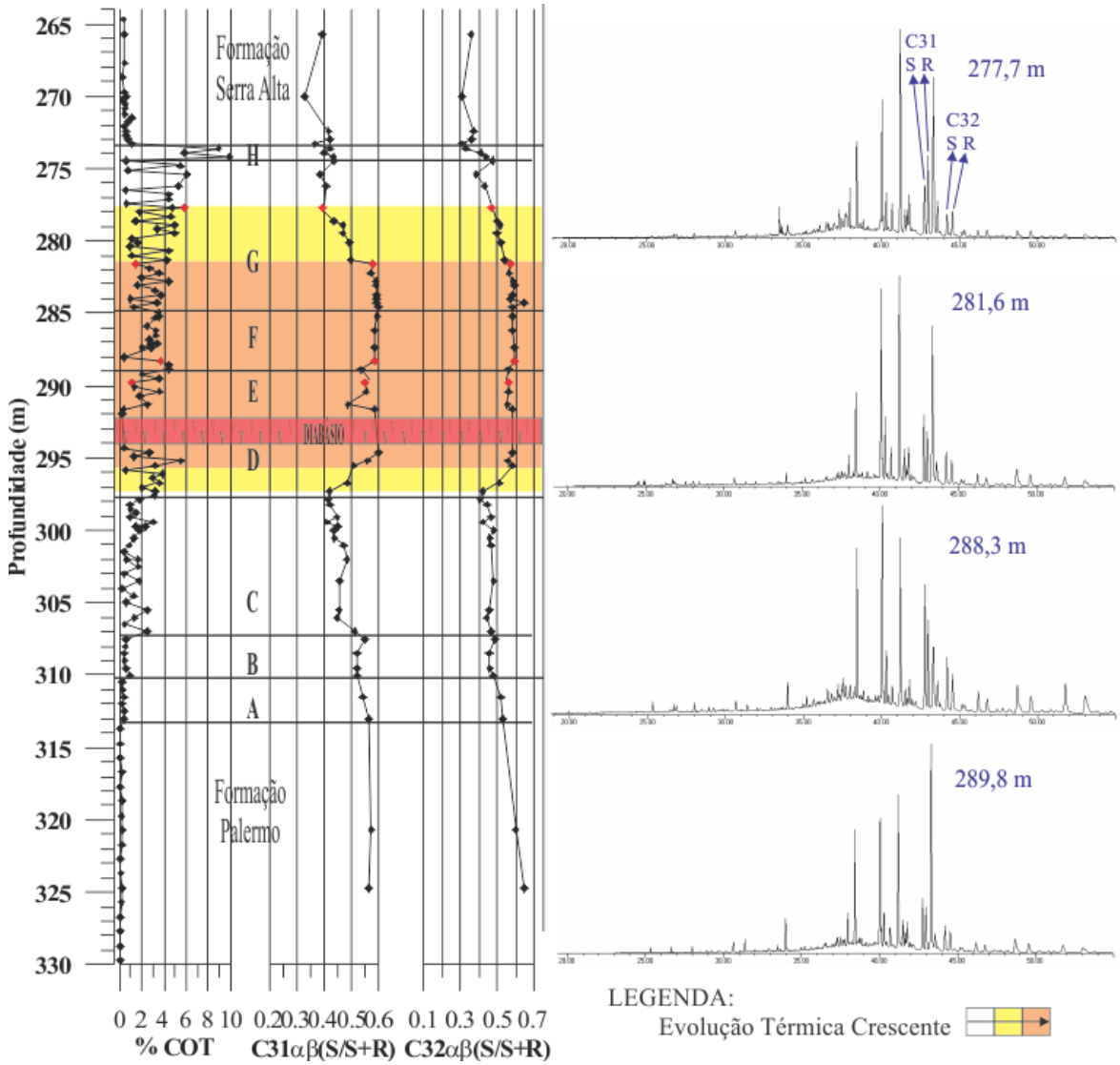

Figura 64 - Gráficos de Carbono orgânico total (COT) , e dos homohopanos C31αβ e C32αβ com os fragmentogramas *m/z191* das amostras 289,8m, 288,3m, 281,6m e 277,7m e, vermelho.

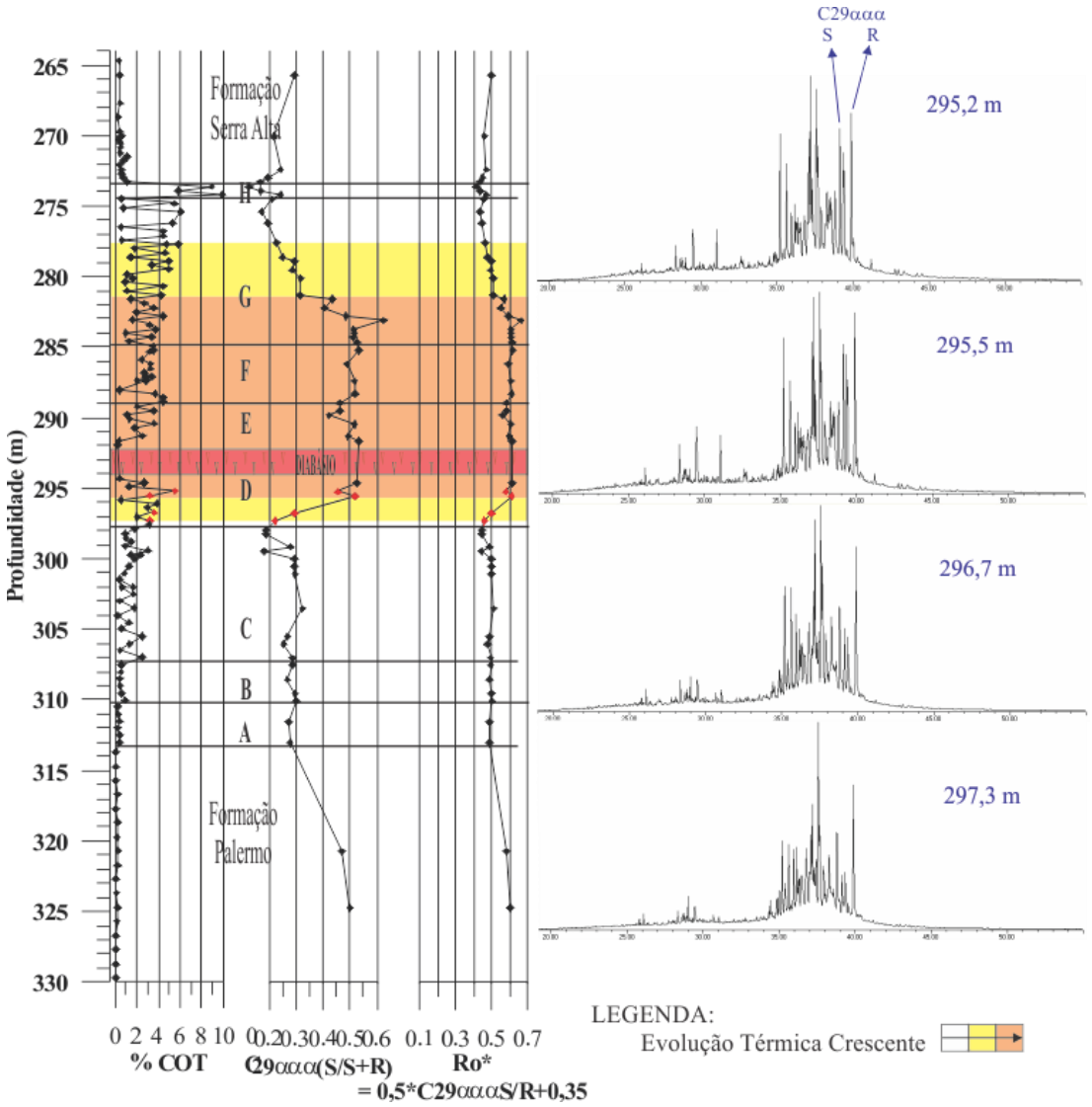

Figura 65 - Gráficos de Carbono orgânico total (COT) , e dos esteranos C29ααα e *Ro (Equação de Sofer) com os fragmentogramas *m/z191* das amostras 289,8m, 288,3m, 281,6m e 277,7m em vermelho.

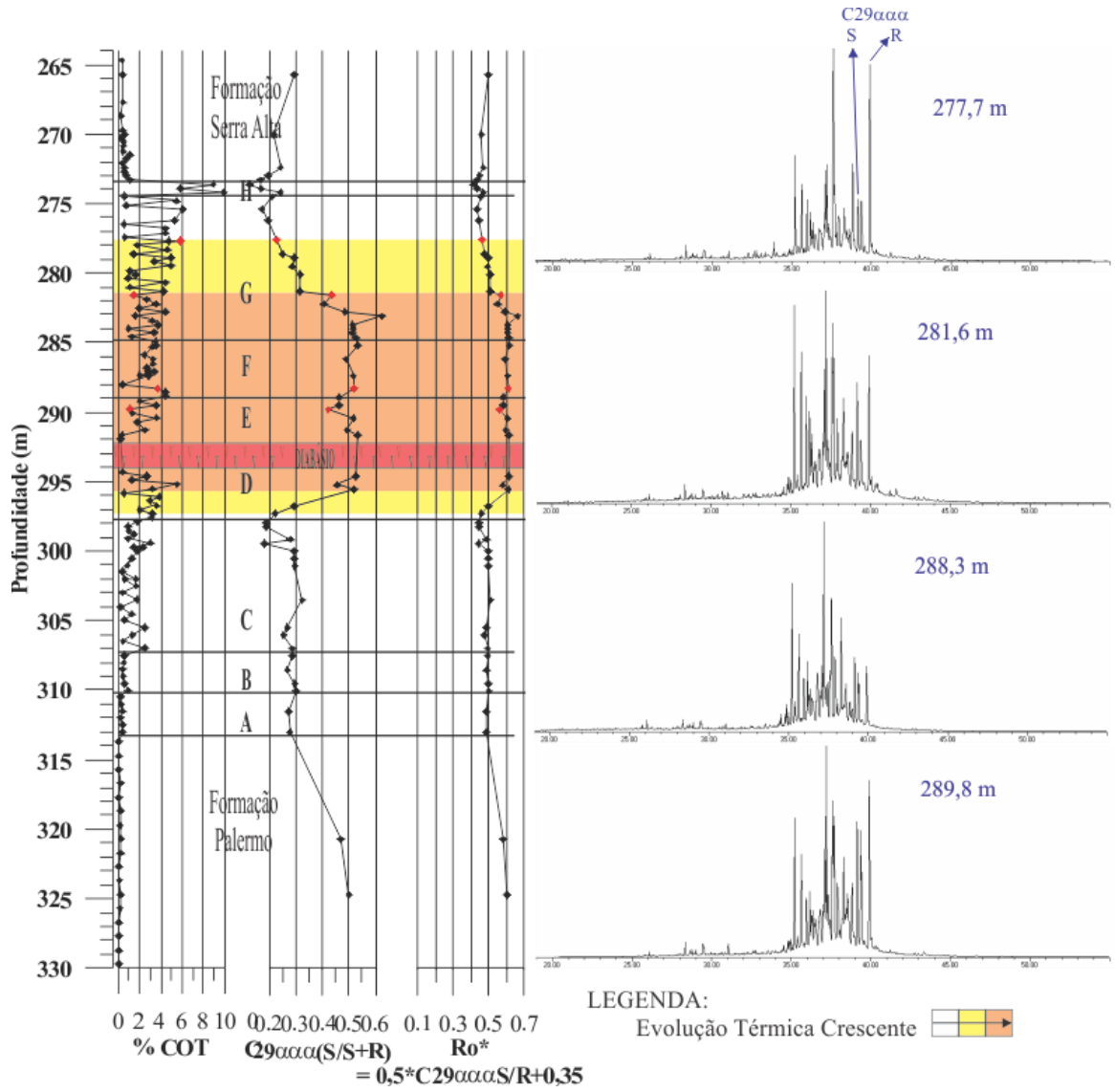

Figura 66 - Gráficos de Carbono orgânico total (COT) , e dos esteranos C29ααα e *Ro (Equação de Sofer) com os fragmentogramas *m/z191* das amostras 289,8m, 288,3m, 281,6m e 277,7m em vermelho.

5 CONCLUSÕES

Foram identificadas 8 (oito) unidades quimioestratigráficas dentro da Formação Irati classificadas por letras em ordem alfabética de A-H.

- As Unidades Quimioestratigráficas A e B compõem o Membro Taquaral. Apresentam alta proporção de alcanos lineares e cicloalcanos, predominância dos esteranos C27ααα em relação ao C29ααα. O aumento da proporção de alcanos lineares/ramificados e das razões C29αβ/C30αβ marcam a entrada na Unidade Quimioestratigráfica B.

- O Membro Assistência inicia com a Unidade Quimioestratigráfica C. As principais características desta Unidade Quimoestratigráfica são o aparecimento de gamacerano, predominância dos alcanos ramificados em relação aos alcanos lineares e cicloalcano, e dos esteranos C27ααα em relação C29ααα. A alta proporção dos homohopanos C34αβ e C35αβ em relação ao C33αβ vista nesta unidade é comum nas camadas carbonáticas das Unidades Quimioestratigráfica E, e na base da Unidade Quimioestratigráfica G.

- O aumento da proporção de alcanos lineares em relação ao cicloalcano, de 29αβ em relação ao C30αβ com a diminuição da razão G/C30αβ e baixos valores das razões dos homohopanos C33αβ/C34αβ, são características das Unidades Quimioestratigráficas D e H, essencialmente siliciclástica.

- A Unidade Quimioestratigráfica E apresenta a maior proporção de gamacerano, indicando o momento de maior restrição marinha e salinidade.

- A Unidade Quimioestratigrafica F ainda guarda indicadores da restrição marinha (abundância de homohopanos C34 e C35). No entanto, a redução acentuada da proporção de gamacerano junto a sedimentação essencialmente siliciclástica mostra que esta unidade representa o início do ciclo transgressivo.

- Na Unidade Quimioestratigráfica G são registradas intercalações de carbonatos e folhelhos sugerindo vários pequenos ciclos de afogamento para o topo, com predominância de folhelhos cada vez mais ricos em carbono orgânico e diminuição dos homohopanos C34 e C35 e dos hopanos C27Tm.

- A Unidade Quimioestratigráfica H não mostra influência da sedimentação carbonática. É uma camada essencialmente siliciclástica rica em carbono orgânico total, com predominância de cicloalcanos, e aumento da proporção de alcanos lineares, C27Tm. C29αβ, C29βα e com a diminuição acentuada da proporção dos homopanos estendidos C34 e C35.

A maturação térmica foi de aproximadamente 1 m abaixo da soleira e de 8,5 m acima desta intrusão, no entanto, o efeito térmico é visto a partir de 3 metros abaixo e 10 m acima da soleira. O principal motivo para a maior propagação de calor acima da soleira do que abaixo é a maior condutividade térmica do carbonato em relação ao folhelho. Secundariamente, existe um efeito de amplificação da condutividade térmica ocasionado pelo aumento de salinidade acima da soleira, esta indicada pela presença de gamacerano neste intervalo.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, M. R. *Análise de petróleo no Meio Ambiente:* Aula 8. Apostila. Disponível em: <. http://mralexandre.files.wordpress.com/2010/04/106434aula8.pdf..> Acesso em: 05 Setembro 2011.

ALMEIDA F.F.M. Síntese sobre a tectônica da Bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3., Curitiba, 1981. *Anais*… Curitiba: SBG, 1981. v. 1, p. 1-20

ANP. Site da terceira rodada de licitações da Agência Nacional do Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis. Disponivel em: <http://www.anp.gov.br/brasil-rounds/round3/downloads/sg_parana.pdf>. Acesso em: 26 out. 2012.

ANP. Site da sexta rodada de licitações da Agência Nacional do Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis. Disponivel em: <http://www.brasil-ounds.gov.br/arquivos/seminarios/STA_6_Bacia_do_Parana_portugues.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2012.

AQUINO NETO, F. R.; TRENDEL, J. M.; CONNAN, J.; ALBRECHT, P. Occurrence and formation of tricyclic and tetracyclic terpanes in sediments and oils. In: BJOROY, M. et al. (Ed.). *Advances in Organic Geochemistry*, 1983. p. 659-667.

BRASSELL S.C. *Applications of biomarkers for delineating marine paleoclimatic fluctuations during thr Pleistocene*. In ENGEL, M. H.; MACKO, S. A (Ed.). Organic Geochemistry. New York: Plenum Press, 1993. p. 699-738.

BRASSELL, S.C.; EGLINTON, G.; MAXWELL, J.R.; PHILP, R.P. Natural background of alkanes in the aquatic environment. In: HUTZINGER, O.; VAN LELYVELD, L.H.; ZOETEMAN, B.C.J. (Ed.). *Aquatic Pollutants*: Transformation and Biological Effects. Oxford: Pergamon Press, 1978. p. 69–86.

BROOKS, C.J.W.; HORNING, E.C.; YOUNG, J. S. Characterization of Sterols by Gas Chromatography-Mass Spectrometry of the Trimethylsilyl Ethers *Lipids, v.* 3, p. 391-403. 1968.

BROOKS, J. *Organic Maturation Studies and Fossil. Fuel Exploration*. London: Academic Press, 1981. 441 p.

CHAPPE, B; ALBRECHT, P; MICHAELIS, W. Polar Lipids of Archaebacteria in Sediments and Petroleums. *Science*, v. 217, n. 4554, p. 65–66. 1982.

CHAVES, H. A. F.; REZENDE, J. ; PORTALEGRE, H. K.. Geoetistica aplicada a pesquisa de xisto, Formação Irati, São Matheus do Sul, PR. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, v. 2, p. 209. 1988.

DAMSTÉ, J.S.S.; DUIN, A.C.T.V.; HOLLNDER, D.; KOHNEN, M.E.L; DE LEEUW, J.W. Early diagenesis of bacteriohopanepolyol derivatives: Formation of fossil homohopanoids. *Geochimica Cosmochimica Acta* , v. 59, p. 5141-5147. 1995.

ESPITELIÉ, J.; MADEC. M.; TISSOT, B. Role of mineral matrix in kerogen pyrolysis: Influence on peIroleurngeneration and migration. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, v. 64 (I), p. 59--66. 1980.

FIGUEIREDO, A.M.F.; RAJA GABAGLIA, G.P. *Sistema classificatório aplicado às bacias sedimentares brasileiras*. *Rev. Bras. de Geoc*., v.16: p. 350-369. 1986

FÚLFARO V.J.; SAAD, A.R .; SANTOS, M.V.; VIANNA, R..B.. Compartimentação e evolução tectônica da Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 12, n. 4, p. 590-610. 1982.

HUANG, W.-Y.; MEINSCHEIN, W.G. Sterols as ecological indicators. *Geochim. Cosmochim. Acta*, v. 43, p. 7396–745. 1979.

INCROPERA, F.P.; WITT, D.P. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. 3. ed. New York: J. Wiley, 1990. 919 p.

KLEMME, H.D. Petroleum basins – classification and characteristics. *J. Petrol. Geol*., v. 3, p. 187-207. 1980

MACKENZIE, A.S.; BRASSELL, S.C.; EGLINTON, G.; MAXWELL, J.R. Chemical fossils: the geological fate of steroids. *Science*, v. 217, p. 491–504. 1982

MACKENZIE, A.S.; LAMB, N.A.; MAXWELL, J.R. Steroid hydrocarbons and the thermal history of sediments. *Nature* , v. 295, p. 223-226. 1982.

MACKENZIE, A.S.; PATIENCE, R.L.; MAXWELL, J.R. Molecular parameters of maturation in the Toarcian shales, Paris Basin, France-*I*.Changes in the configurations of the acyclic isoprenoid alkanes, steranes and triterpanes. *Geochimica Cosmochimica Acta, v.* 44, p. 1709-1721. 1980.

MELLO, M.R.; KOUTSOUKOS, E.A.M; SANTOS NETO, E.V.; TELLES JR, A.C.S.- *Geochemical and micropaleontological characterization of lacustrine and marine hypersaline environments from Brazilian sedimentary basins*. In: KATZ, B. J.; PRATT, L.M. (Ed.). Source rocks in sequence stratigraphic framework. Tulsa: AAPG, 1993, p. 17-34. (AAPG Studies in Geology 37).

MELLO, U. T, *Thermal and Mechanical History of Sediments in Extensional Basin*s. 1994. PhD Thesis, Columbia University. 1994.

MILANI E.J. Comentários sobre a origem e a evolução tectônica da Bacia do Paraná. In: MANTESSO-NETO, V. ; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R.; BRITO NEVES, B.B. (Org.). *Geologia do Continente Sul-Americano*: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Beca, 2004. p. 407-421.

MILANI, E.J.; RAMOS, V.A. Orogenias Paleozóicas no Domínio Sulocidental do Gondwana e os Ciclos de Subsidência da Bacia do Paraná. *Rev. Bras. Geociências*, v. 28, n. 4, p. 473-484, 1998..

MILANI, E. J.; MELO, J. H. G.; SOUZA, P. A.; FERNANDES; L. A. E FRANÇA, A. B. Bacia do Paraná. *Cartas Estratigráficas - Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 265-287, maio/nov. 2007.

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

MILANI, E.J. Geodinâmica Fanerozóica do Gondwana sul-ocidental e a evolução geológica da Bacia do Paraná. In: HOLZ, M.; DE ROS, L.F. (Org.). *Geologia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: CIGO/UFRGS, 2000.p. 275-302.

PETERS, K.E.; MOLDOWAN, J.M. *The Biomarker Guide:* Interpreting Molecular Fossils in Petroleum and Ancient Sediments. New Jersey: Prentice-Hall, 1993.

PETERS, K.E.; MOLDOWAN, J.M. Effects of source, thermal maturity, and biodegradation on the distributions and isomerization of homohopanes in petroleum. *Org. Geochem*., v. 17, p. 47–61, 1991.

PETERS, K.E.; WALTERS, C.C.; MOLDOWAN, J.M. *The Biomarker Guide:* Biomarkers and Isotopes in the Environment and Human History. 2nd ed., Cambridge: Cambridge University Press, 2005. v. 1.

PETERS, K. E.; WALTERS, C. C.; MOLDOWAN, J. M. *The Biomarker Guide:* Biomarkers and Isotopes in the Petroleum Exploration and Earth History. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. v. 2.

PETROBRAS. Home page institucional. Sobre as principais operações da empresa. Disponível em: <http://www.petrobras.com.br/pt/quem-somos/principais-operacoes/?category=1>. Acesso em: 25 nov. 2012.

PHILP, R.P. Fossil fuel biomarkers, Applications and Spectra. *Methods in Geochemistry and Geophysics.*, Amsterdam, v. 23, p. 1-294, 1985.

RODRIGUES, R. Fósseis Químicos. In: CARVALHO, Ismar de Souza. (Ed.). *Paleontologia*. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. v.1.

RODRIGUES, R. *A geoquímica orgânica na bacia do Parnaíba*. 1995. 225 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

ROCK eval 6 analyser. Disponível em: <http://www.vinci-technologies.com/products-explo.aspx?IDR=82289&idr2=82568&IDM= 536784> Acesso em: 03 fev. 2013.

SANTOS, E.S.; CARREIRA, R.S.; KNOPPERS, B.A. *Sedimentary sterols as indicators of environmental conditions in southeastern Guanabara Bay*, Brazil. Brazilian *Jounal of Oceanography*, v. 56, n. 2, p. 97-113, 2008.

SEIFERT, W. K.; MOLDOWAN, J. M. Use of biological markers in petroleum exploration. In: JONHS, R.B. (Ed.). *Methods in Geochemistry and Geophysics.* Amsterdam: Elsevier, 1986. v. 24.

SEIFERT, W. K.; MOLDOWAN, J. M. Applications o Steranes, Terpanes and Monoaromatics to the Maturation, Migration and Source of Crude Oils. *Geochim. Cosmochim. Acta*, v. 42, p. 77-92, 1978.

SEIFERT, W.K.; MOLDOWAN, J.M. The effect of biodegradation on steranes and terpanes in crude oils. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 43, p. 111-126, 1979.

SEIFERT, W.K.; MOLDOWAN, J.M. The effect of thermal stress on source-rock quality as measured by hopane stereochemistry. *Physical Chemistry Earth*, v. 12, p. 229-237, 1980.

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

SOUZA, E S, 2009*: Aplicação da Geoquimica do petróleo e no meio ambiente impactado.* Disponível em: <. http://www.passeidireto.com/arquivo/1791908/aplicacao-da-geoquimica-na-industria-do-petroleo-e-meio-ambiente-impactado/11..> Acesso em: 12 Abril 2012.

VOLKMAN, J.K. Biological marker compounds as indicators of the depositional environments of petroleum source rocks. In: FLEET, A.J.; KELTS, K.; TALBOT, M.R. (Ed.). *Lacustrine Petroleum Source Rocks*. Tulsa: AAPG, 1988. p. 103–122. Geological Society Special Publication, 40.

VOLKMAN, J.K. A review of sterol markers for marine and terrigenous organic matter. *Organic Geochemistry*, v. 9, p. 83-99, 1986.

WAPLES, D.W.; MACHIHARA, D. T.. Biomarkers for Geologists – A practical guide to the application of steranes and triterpanes in petroleum geology. *American Association of Petroleum Geologists. Methods in Exploration*, n. 9, p. 19-40, 1991.

WHITE, I. C, *Relatório sobre as coal measures e rochas associadas ao sul do Brasil.* Rio de Janeiro: Comissão das Minas de Carvão de Pedra do Brasil, 1908. 300 p.

ZALÁN, P.V.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J.C.J.; ASTOLFI, M.A.M.; VIEIRA, I.S.; APPI, V.T.; ZANOTTO, O.A. Tectônica e sedimentação da Bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 3, 1987, Curitiba. *Anais*... Curitiba: SBG, 1987. v.1, p. 441-473.

ZALÁN, P.V.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J.C.J.; ASTOLFI, M.A.M.; VIEIRA, I.S.;INÊS, S; APPI, V.T. 1991. Tectonics and sedimentation of the Paraná Basin. In: INTERNATIONAL GONDWANA SYMPOSIUM, 7., 1991, São Paulo. *Proceedings*... São Paulo: USP, 1991. p.83-117.

ZALÁN, P. V. Evolução fanerozóica das bacias sedimentares brasileiras. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; BRITO-NEVES, B.B. (Coord.). *Geologia do continente sul-americano:* evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Beca,., 2004. p. 245-263.

ZALÁN, P. V. Origem e evolução estrutural do sistema de riftes cenozóicos do Sudeste do Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, v. 13, n. 2, p. 269-300, 2005.