

TRGAOT'13

RECURSOS GEOLÓGICOS, AMBIENTE
E ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO

**LIVRO
DE
ACTAS**

UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO
Vila Real, 24 a 26 de outubro de 2013

V I I S E M I N Á R I O



VII SEMINÁRIO RECURSOS GEOLÓGICOS,
AMBIENTE E ORDENAMENTO DO
TERRITÓRIO

Livro de Actas

Ficha Técnica

Edição

Departamento de Geologia
Escola de Ciências da Vida e do Ambiente
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Quinta de Prados
Apartado 1013
5001-801 Vila Real
Portugal

Título

Livro de Actas do VII Seminário Recursos Geológicos, Ambiente e Ordenamento do Território

Editores

Pacheco FAL, Coke CJM, Lourenço JMM, Costa MRM, Vaz NMOCM

ISBN: 978-989-704-153-2

Os trabalhos editados no presente volume devem ser citados como no exemplo seguinte:

Velho, J. & Ferreira, A. 2013. Avaliação do potencial cerâmico das argilas da Sub-bacia de Aguada de Cima (Anadia). In Pacheco, F.A.L., Coke, C.J.M., Lourenço, J.M.M., Costa, M.R.M. & Vaz, N.M.O.C.M. (Edts). *Livro de Actas do VII Seminário Recursos Geológicos, Ambiente e Ordenamento do Território*, pp. 17-24. ISBN: 978-989-704-153-2.

ÍNDICE

Ensaio de Meteorização Artificial em Granitos Polidos Gonçalves, Bruno M.M. & Sousa, Luís M.O.	3
Elementos Terras Raras e Isótopos de Oxigénio no Estudo dos Escarnitos Ferríferos de Alvito, Sul de Portugal Gomes, Elsa M. C. & Silva, Maria Manuela G. Vinha	11
Avaliação do Potencial Cerâmico das Argilas da Sub-bacia de Aguada de Cima (Anadia) Velho, J. & Ferreira, A.	17
Aplicação de um Equipamento Portátil de Fluorescência de Raios-X na Determinação de Alguns Elementos Maiores em Minério de Ferro Urbano, Emílio Evo Magro Corrêa & Brandão, Paulo Roberto Gomes	25
Impacto de Alterações Climáticas na Hidrologia da Bacia do Rio Beça Santos, R.M.B; Sanches Fernandes, L.F.; Moura, J.P.; Pereira, M.G. & Pacheco, F.A.L.	35
Impacto do Conflito de Usos do Solo na Qualidade das Águas Subterrâneas da Bacia Hidrográfica do Rio Sordo Valle Junior, Renato F.; Varandas, Simone G. P.; Sanches Fernandes, Luís F. & Pacheco, Fernando A. L.	41
Evolução do Consumo de Petróleo a Nível Mundial: do Aparente Pico de Produção à Realidade dos Factos Velho, J.	51
Potencial Gerador de Hidrocarbonetos dos Argilitos Carbonosos do Karoo Inferior (Pérmico) da Bacia de Moatize – Minjova, Província de Tete, Moçambique Fernandes, Paulo; Rodrigues, Bruno; Jorge, Raul C.G.S. & Marques, João	63
Impactes Ambientais Associados aos Resíduos de Construção e Demolição Monteiro, Hugo; Dias, António Guerner; Paschoalin Filho, João Alexandre & Côrtes, Pedro Luiz	71
Potencial de Lixiviação de Compostos Orgânicos a Partir de Resíduos da Exploração de Carvão em Autocombustão (Escombeira de S. Pedro da Cova) Marques, Fernando; Silva, Joana; Ribeiro, Joana; Neto, Cândida; Sant'Ovaia, Helena; Marques, Jorge Espinha & Flores, Deolinda	77
Prospecção Biogeoquímica Utilizando Macrófitas Aquáticas na Ribeira da Celavisa (Góis) Morais, I. & Pratas, J.	83
Uso de Biomonitorios na Detecção de Anomalias de U nas Águas Subterrâneas das Áreas de Rebolia, Relves e Tapéus (Condeixa-a-Nova e Soure, Portugal Central) Campos, J.; Pratas, J. & Azevedo, J. M.	91
Monitorização da Radiação Gama em Pedreiras de Granitos Ornamentais (Vila Pouca de Aguiar e Mondim de Basto). Martins, L.; Gomes, E.; Sousa, L.; Pereira, A. & Neves, L.	99

Análise da Suscetibilidade à Inundação do Rio Tejo Entre Belfer e Vila Nova da Barquinha Belo, João; Lourenço, Martinho; Rosina, Pierluigi & Cavaleiro, Victor	105
Locais de Interesse Geológico e Geomorfológico na Serra da Lousã, Centro de Portugal Henriques, Daniela; Tavares, Alexandre Oliveira & Gomes, Elsa M. C.....	115
A Inventariação do Património Geológico do Território Montemuro e Gralheira na Fundamentação do Alargamento do Geoparque Arouca – Estado da Arte Rocha, Daniela; Sá, Artur & Brilha, José.....	123
Metodologia Para a Avaliação do Índice de Potencial Natural de Percursos Pedestres Sousa, Luís M.O.; Alençõ, Ana M.P. & Gomes, Maria E.P.....	129
Os Materiais Pétreos da “Casa Romana” (Cristelos – Lousada). Origem e Implicações no Ordenamento do Território Novais, Hugo; Lemos, Paulo; Leite, Joana & Nunes, Manuel	135
Mobilidade Sustentável – Rede de Aldeias Vinhateiras do Douro Bessa, Isabel M. D.; Santos, Carla S. A.; Gouveia, Hernâni S. S.; Lourenço, José M. M.; Gomes, Luís M. F. & Aranha, José T. M.....	145
Contribuição Para a Avaliação das Reservas do Granito Amarelo Real Sousa, Luís M.O. & Lourenço, José M.M.....	155
Crescimento Sustentável de Base Territorial – Para um Novo Paradigma Oosterbeek, Luiz	161
Contribuição de um Sistema WebSIG Open Source na Gestão e Ordenamento Florestal Gomes, P.; Lourenço, J.; Moura, J. & Starnini, R.	163
A Exploração de Águas Subterrâneas: Um Caso de Educação Ambiental Centrado na Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas com Recurso à Modelação Análoga Ferreira, Cândida; Alençõ, Ana & Vasconcelos, Clara	171
Ensino de Recursos Hídricos com Jogos Didáticos Henriques, Esmeralda & Costa, Maria do Rosário.....	175

COMUNICAÇÕES

Potencial gerador de hidrocarbonetos dos argilitos carbonosos do Karoo Inferior (Pérmico) da Bacia de Moatize – Minjova, Província de Tete, Moçambique

Hydrocarbon source rock potential of the Lower Karoo (Permian) black shales in the Moatize – Minjova Basin, Tete Province, Mozambique

Paulo Fernandes¹, Bruno Rodrigues¹, Raul C.G.S. Jorge² e João Marques³

1. Universidade do Algarve, Centro de Investigação Marinha e Ambiental, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal
2. Centro de Geologia da Universidade de Lisboa (GeGUL), Faculdade de Ciências, Departamento de Geologia, Edifício C6, Piso 4, Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal
3. Gondwana, Empreendimentos e Consultadoria Lda., Rua B, nº 233, Bairro da Coop., Caixa Postal 832, Maputo, Moçambique

pfernandes@ualg.pt, bmgrodrigues@sapo.pt, rjorge@fc.ul.pt, joamarques@gondwana.co.mz

Resumo

A Formação Moatize na Bacia de Moatize – Minjova é uma unidade importante do Karoo de Moçambique, consistindo em argilitos carbonosos, arenitos e camadas de carvão. Os argilitos carbonosos possuem um importante potencial como rochas geradoras de gás, podendo ser considerados como unidades importante de 'gás de xisto'. Os valores de %R_r, medidos indicam um grau de maturação orgânica compatível com o final da janela do petróleo (ca, 1,35 – 1,4 %R_r). A Formação Moatize é caracterizada por possuir querogénio do tipo II-III e do tipo III, com elevados valores de COT e valores de HI médios a elevados, sendo considerada como possuindo elevada capacidade para gerar gás.

Palavras-chave: Karoo Inferior, Gás de Xisto, Bacia de Moatize-Minjova, Pérmico, Moçambique

Abstract

The shales from the Lower Permian Moatize Formation of the Moatize - Minjova Basin, Tete Province, Mozambique, are important gas source rocks. Vitrinite reflectance indicates that the Lower Permian successions of the Moatize Formation lie at the end of the oil window. Vitrinite reflectance of most of the samples indicates a position at the end of the oil window (1.35 - 1.40%R_r). The sedimentary rocks of the Moatize Formation contain type II - III kerogen with some samples with Hydrogen Index above 100 mg HC/g TOC, regarded as gas prone.

Key-words: Lower Karoo, shale-gas, Moatize-Minjova Basin, Permian, Mozambique

Localização e Enquadramento Geológico

Em Moçambique as sucessões do Karoo estão representadas em *grabens* com preenchimento sedimentar iniciado no Carbonífero Superior até ao Triásico Superior, que se desenvolveram nos limites exteriores ou dentro de escudos cratónicos do Arcaico e do Proterozóico. Na Província de Tete, na região Centro Oeste de Moçambique, o Karoo está bem representado ao longo do vale do rio Zambeze em bacias intra-cratónicas separadas por blocos de tipo *horst* constituídos por rochas cristalinas do Proterozóico. Entre a região de Cahora-Bassa e a cidade de Tete localiza-se um dos principais *horsts*, separando o Karoo do vale do Zambeze em duas bacias: a Bacia do Médio Zambeze e a Bacia do Baixo Zambeze (figura 1). A região do presente estudo localiza-se na Bacia de Moatize – Minjova,

uma das várias bacias que formam a Bacia do Baixo Zambeze.

Normalmente, a geologia do Karoo é dividida em duas unidades litológicas diferentes: as unidades sedimentares, que constituem a maioria da sucessão litológica, e as unidades de natureza ígnea que se posicionam no topo da sucessão do Karoo. Estas últimas consistem em rochas vulcânicas (basaltos e riólitos) e rochas intrusivas (doleritos, gabros e sienitos) de idade Jurássica Inferior e relacionadas com o início da fase de rifting responsável pela fragmentação do supercontinente Gondwana. As unidades sedimentares são constituídas por várias formações de natureza clástica depositadas em ambiente continental, que registam as importantes mudanças dos ambientes sedimentares da sucessão do Karoo, desde ambientes glaciares e proglaciares

espessura de argilitos carbonosos sobrepostos por 44 m de espessura de arenitos intercalados com níveis centimétricos de argilitos. Entre os 73,8 e os 79 m de profundidade identificaram-se várias soleiras de doleritos.

Poder Reflector da Vitrinite

O poder reflector aleatório da vitrinite ($\%R_r$) foi o parâmetro da reflectância da vitrinite escolhido para a avaliação da maturação orgânica uma vez que, por um lado, a técnica de montagem utilizada faz com

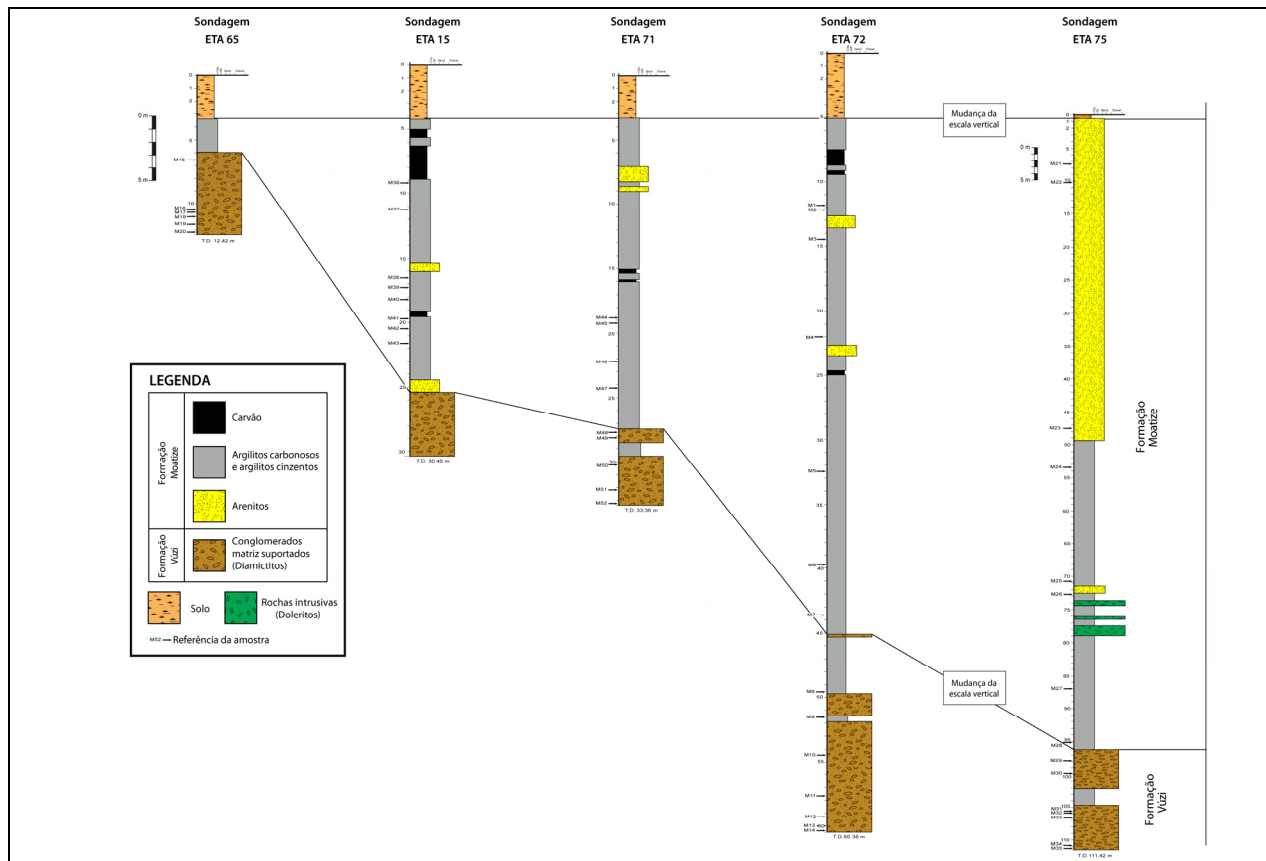


Fig.3 – Perfis litológicos das sondagens estudadas com a posição e referência das amostras. A linha de direcção formada pelo alinhamento das cinco sondagens é, aproximadamente, N-S, com ETA 65 mais próximo do Norte e ETA 75 mais a Sul.

Técnicas de Extração e Estudo da Matéria Orgânica

As partículas orgânicas foram extraídas das rochas por intermédio de técnicas laboratoriais palinológicas padronizadas usando ácido fluorídrico (HF) a frio. Os resíduos orgânicos obtidos foram montados e polidos em lâminas, usando um método adaptado do descrito por Hillier & Marshall (1988). Estas foram usadas para se determinar o grau de maturação orgânica por intermédio da técnica do poder reflector da vitrinite.

A preparação das amostras de rocha para os estudos geoquímicos envolveu a redução a pó de cerca de 50 g da amostra, por um moinho de ágata. O pó de rocha obtido foi posteriormente enviado para análise no laboratório Geodata na Alemanha.

que as partículas de vitrinite fiquem não orientadas e, por outro, porque $\%R_r$ é o parâmetro de maturação mais rigoroso e o mais utilizado. As medições do $\%R_r$ foram efectuadas na Universidade do Algarve, usando um microscópio de luz reflectida Olympus BX51 equipado com uma câmara digital a preto e branco. As imagens digitais a preto e branco (8 bit) das partículas de vitrinite foram analisadas por uma rotina do programa MatLab (Fernandes et al. 2010). A rotina concebida exclusivamente para a medição do $\%R_r$, é uma ferramenta gráfica pertencente ao Programa Mirone (Luís, 2007) que calibra os 256 níveis da escala de cinzentos com padrões de reflectividade conhecida (Fernandes et al. 2010). Os valores da reflectância dos padrões utilizados são: 0,428; 0,595; 1,715; 3,15 e 5,37%. As medidas de $\%R_r$ foram realizadas com luz incidente com comprimento de onda de 546 nm e em óleo de imersão com índice de refacção de 1,518.

Geoquímica Orgânica - Pirólise Rock-Eval

A técnica de pirólise rock-eval (Epitalié et al. 1977, Peters, 1986), fornece dados sobre a quantidade, tipo e maturação térmica da matéria orgânica em rochas e sedimentos. Os parâmetros medidos por esta

técnica incluem: carbono orgânico total (COT), S1, S2, S3 e temperatura máxima de pirólise (Tmax). Os índices de hidrogénio (HI) e de oxigénio (OI) foram calculados de acordo com Peters & Cassa (1994).

O parâmetro S1 representa as miligramas de hidrocarbonetos existentes numa grama de rocha que são destilados termicamente por pirólise a uma temperatura fixa de 300°C. O valor de S1 reflecte, pois, a quantidade de hidrocarbonetos gerados durante a fase de enterramento nas bacias sedimentares e que não migraram da rocha que os produziu. O valor de S2 indica as miligramas de hidrocarbonetos por uma grama de rocha produzidos durante a segunda fase de pirólise (aumento contínuo da temperatura dos 300°C até aos 600°C, numa razão de 25°C/minuto). Tmax corresponde à temperatura no ponto de máxima produção de hidrocarbonetos durante a segunda fase da pirólise, pico do gráfico S2. O parâmetro S3 é expresso em miligramas de CO₂ gerado por uma grama de rocha durante um aquecimento até à temperatura máxima de 390°C. Os índices HI e OI são calculados pelas expressões S2/COT e S3/COT, respectivamente. O valor de COT, dado em percentagem do peso, foi determinado pela remoção dos carbonatos por acção do ácido fosfórico a 17%. Após a remoção dos carbonatos, as amostras foram aquecidas até 1500°C num analisador LECO SC-144 de carbono/enxofre. O aquecimento liberta CO₂ da matéria orgânica sólida presente na amostra, cujo valor é registado por um detector de infra-vermelhos e em percentagem do peso da amostra (wt. %).

Resultados

Os valores do %R_r medidos nas amostras das cinco sondagens variam entre 1,29 e 1,91%R_r (tabela 1). Todavia, a maioria dos valores medidos estão entre 1,29 e 1,6%R_r. Os valores obtidos indicam que as formações Vúzi e Moatize, intersectadas pelas sondagens, estão no rank dos carvões betuminosos de baixos voláteis e uma posição no final da janela do petróleo em relação ao campo da geração de hidrocarbonetos.

Para os valores do poder reflector medidos e de acordo com a equação empírica de Barker (1988) [T(°C) = 104ln(%R_r) + 148] que calcula o valor da paleotemperatura usando o poder reflector da vitrinite, indica que as sucessões estudadas foram aquecidas a temperaturas entre os 170°C e os 200°C, durante fase de subsidência da bacia. Estes valores são muito superiores às temperaturas actuais no fundo das sondagens (@ 30°C), sugerindo que as temperaturas máximas foram atingidas antes do levantamento tectónico e erosão da bacia.

Das 52 amostras analisadas para geoquímica orgânica, 8 têm valores de COT inferiores a 0,5 wt. % (limite inferior de detecção do aparelho) sendo a maioria pertencentes à Formação Vúzi (tabela 2). O

COT na Formação Moatize varia entre 1,3 e 31 wt. %, mas a maioria das amostras apresentam valores de COT superiores a 4 wt. %, valores típicos de rochas com COT muito bons a excelentes. Comparando com a Formação Moatize, os valores de COT são menores na Formação de Vúzi variando entre um valor mínimo de 0,5 wt. % e um valor máximo de 13 wt. %, caracterizando-se esta formação relativamente aos valores do COT como média a boa.

Tabela 1. Resultados do Poder reflector da Vitrinite (%R_r), DP – desvio padrão.

Sondagem	Estratigrafia	Amostra	%R _r	DP	Nº partículas
ETA 65	Formação Vúzi	M15	1,29	0,08	89
	Formação Vúzi	M20	1,55	0,1	97
ETA 15	Formação Moatize	M36	1,43	0,07	99
	Formação Moatize	M38	1,91	0,14	57
ETA 71	Formação Moatize	M44	1,29	0,08	66
	Moatize Formation	M46	1,91	0,14	66
	Formação Vúzi	M51	1,32	0,1	89
	Formação Vúzi	M52	1,53	0,07	71
ETA 72	Formação Moatize	M7	1,35	0,05	51
	Formação Vúzi	M9	1,34	0,09	83
	Formação Vúzi	M11	1,6	0,07	66
	Formação Vúzi	M13	1,8	0,1	62
ETA 75	Formação Moatize	M22	1,45	0,1	86
	Formação Vúzi	M30	1,91	0,14	73
	Formação Vúzi	M35	1,57	0,08	84

Os valores de S1 para a Formação de Vúzi são inferiores a 0,5 mg HC/g rocha indicando um potencial muito pobre para gerar petróleo. Na Formação Moatize os valores de S1 estão, na maioria das amostras, entre 0,5 e 2 mg HC/g rocha indicando um potencial médio a bom para gerar petróleo.

Relativamente, aos hidrocarbonetos gerados durante a segunda fase da pirólise (S2), a Formação Vúzi apresenta valores inferior a 2,5 mg HC/g rocha, e a Formação Moatize valores, para a maioria das amostras, entre 5 e 60 mg HC/g rocha. Atendendo aos valores de S2 obtidos, a Formação Vúzi apresenta um potencial muito fraco para gerar petróleo, enquanto que a Formação Moatize o seu potencial distribui-se entre o bom, o muito bom e o excelente.

Os valores de Tmax variam entre 436 – 531°C e 442 – 549°C para a Formação Moatize e Formação Vúzi, respectivamente. A maioria dos valores de Tmax das amostras da Formação Moatize indicam níveis de maturação orgânica na janela do petróleo. Na Formação Vúzi, a maioria dos valores de Tmax indicam níveis de maturação orgânica sobrematuros em relação à janela do petróleo.

Tipo de Matéria Orgânica

Atendendo ao gráfico clássico OI vs HI (Peters e Cassa, 1994) (Fig. 4.a), as amostras estudadas projectam-se em duas áreas distintas deste gráfico que, em certa medida, coincidem com as amostras das duas formações estudadas. Um primeiro campo, que engloba a maioria das amostras da Formação Moatize, com valores baixos a moderados de HI (70 – 270 mg HC/g COT) indicando que a matéria orgânica é constituída por um querogénio do tipo III e em parte um querogénio caracterizado por uma mistura de tipo II-III. O querogénio do tipo III é dado à produção de gás, enquanto que o de tipo II-III é propenso à produção de petróleo e gás. O segundo campo é definido pela maioria das amostras da Formação Vúzi com valores de HI muito baixos (< 79 mg HC/g COT), indicando que a matéria orgânica é classificada como querogénio do tipo IV e que não apresenta nenhuma propensão para a geração de hidrocarbonetos, quer petróleo quer gás.

Potencial Gerador de Hidrocarbonetos

Os resultados das análises de geoquímica orgânica (COT e pirólise *rock-eval*) permitem discriminar as formações Vúzi e Moatize em relação ao tipo de querogénio mas também em relação ao potencial gerador de hidrocarbonetos que apresentam. Nos diagramas COT vs. S1 (Fig. 4.b), COT vs. S2 (Fig. 4.c) e HI vs. S2/S3 (Fig. 4.d), é possível discriminar as formações Vúzi e Moatize, pois as amostras destas formações projectam-se em dois campos distintos e separados. A maioria das amostras da Formação Moatize apresentam valores de COT elevados (> 8 wt. %) e valores de S2 resultante da pirólise superiores a 100 mg HC/g rocha apontando, portanto, para um potencial muito bom a excelente para gerar gás. As amostras da Formação Vúzi projectam-se noutra parte do gráfico COT vs. S2, os valores de COT são baixos (< 4 wt. %) mais importante para o potencial gerador de hidrocarbonetos são os valores muito baixos de S2, sempre inferiores a 3 mg HC/g rocha, indicando que esta formação não apresenta potencial gerador de hidrocarbonetos (gás e petróleo). No gráfico COT vs. S1 é também possível separar com facilidade as amostras das duas formações. Os valores de S1 obtidos por pirólise da Formação Vúzi são muito baixos indicando que poucos hidrocarbonetos foram destilados das amostras durante a primeira fase de pirólise. A Formação Moatize separa-se por

apresentar valores de S1 superiores, distribuindo-se entre os campos do potencial moderado e o potencial bom. Este dado indica que petróleo foi gerado durante a história térmica da Formação Moatize mas o seu potencial é moderado.

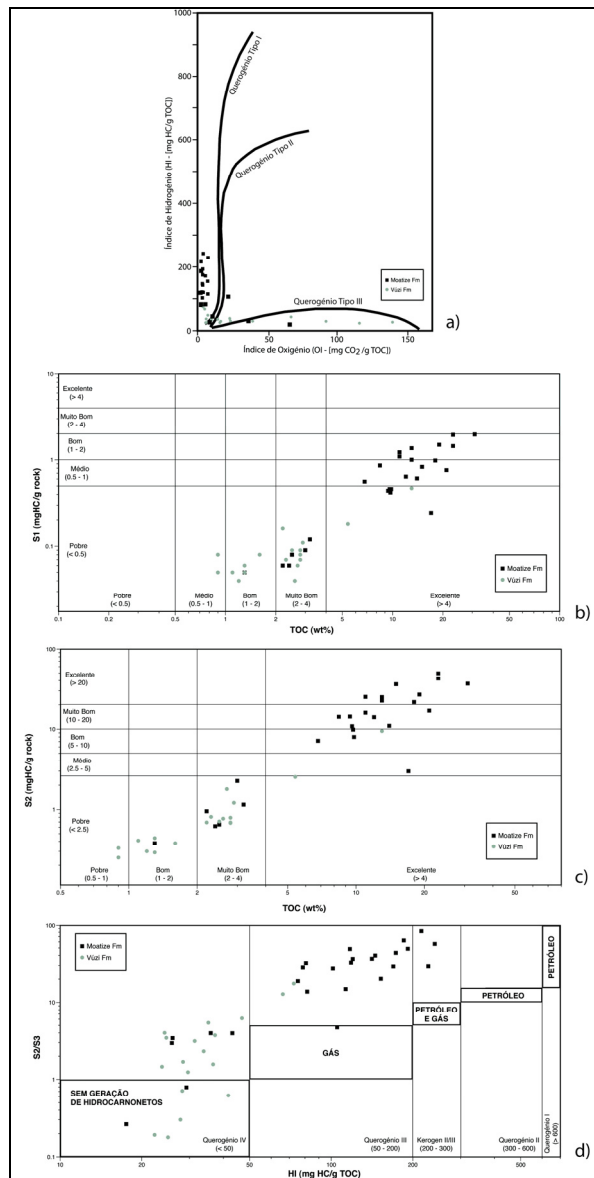


Fig. 4. Gráficos discriminantes do tipo, qualidade e quantidade da matéria orgânica das formações Vúzi e Moatize, obtidos dos resultados de pirólise *rock-eval*.

Uma característica notável de ambas as formações são os valores baixos de S3 e, portanto, valores elevados para a razão S2/S3. Normalmente os querogénios do tipo III e IV e que caracterizam a Formação de Moatize e a Formação de Vúzi, respectivamente, apresentam valores de S3 mais elevados dos que foram medidos para estas duas formações. Uma explicação possível para este dado pode estar na abundância de palinomorfos de origem

continental (esporos e pólenes) que muitas das amostras de ambas as formações possuem. Todavia, estes palinomorfos são mais abundantes na Formação Moatize onde atingem, em algumas amostras, um máximo de 65% de toda a matéria orgânica observável nos resíduos palinológicos. Este tipo de palinomorfos possui exinas ricas em hidrogénio e são considerados como propensos para a geração de petróleo. Por outro lado, os tecidos lenhosos das plantas superiores são mais propensos para gerar gás e são os principais responsáveis pelos valores elevados de S3 nos querogénios do tipo III e do tipo IV. Assim, durante a terceira fase da pirólise o resíduo orgânico restante e que gera CO₂ é pouco, pois grande parte da matéria orgânica foi transformada em hidrocarbonetos durante a segunda fase da pirólise (S2).

Conclusões

A Formação Moatize na Bacia de Moatize – Minjova, é uma unidade importante do Karoo de Moçambique, consistindo em argilitos carbonosos, arenitos e camadas de carvão intercaladas. Os argilitos carbonosos possuem um importante potencial como rochas geradoras de gás, podendo os seus intervalos desta formação ser considerados como unidades importantes de ‘gás de xisto’.

A Formação Vúzi, estratigraficamente subjacente à Formação Moatize, não apresenta nenhum potencial gerador de hidrocarbonetos.

Os valores de %R_r, medidos em amostras de argilitos das duas formações indicam um grau de maturação orgânica compatível com o final da janela do petróleo (ca, 1,35 – 1,4 %R_r) e um *rank* de carvões betuminosos de baixos voláteis.

A matéria orgânica presente na maioria das amostras da Formação Vúzi é classificada como querogénio de tipo IV com baixos valores de HI, indicando que esta unidade estratigráfica do Karoo não possui capacidade para gerar hidrocarbonetos. A Formação Moatize é caracterizada por possuir querogénio do tipo II-III e do tipo III, com elevados valores de COT e valores de HI médios a elevados, sendo considerada como possuindo capacidade para gerar gás. Todavia, esta situação só se poderá verificar em regiões da Bacia de Moatize – Minjova onde a Formação Moatize estiver em profundidade e a temperaturas (> 150°C) capazes de gerar gás termogénico.

O estudo da maturação orgânica das sondagens sugere ainda que as sequências do Karoo intersectadas não estão agora na sua temperatura máxima de enterramento. Esta última terá ocorrido durante uma história térmica passada anterior à fase de levantamento tectónico e erosão da Bacia de Moatize – Minjova.

Agradecimentos

Os autores desejam expressar os seus agradecimentos à empresa GALP Exploração o apoio financeiro dado para a realização das análises de geoquímica orgânica das sondagens e em especial ao Dr. Sebastian Luening o interesse neste projecto. Os agradecimentos estendem à empresa ETA STAR proprietária das sondagens que autorizou a recolha de amostras e o seu estudo. À empresa Gondwana Empreendimentos e Consultadoria Lda, o apoio prestado durante a recolha das amostras e nos trabalhos de campo. Por último, Paulo Fernandes, agradece à Fundação para a Ciência e Tecnologia a bolsa de licença sabática concedida, que permitiu a realização dos trabalhos de campo em Moçambique.

Tab. 2 – Resultados de Pirólise *Rock-Eval*.

Sondagem	Estratigrafia	Amostra	TOC (carbono orgânico total)	S1 [mg HC/g]	S2 [mg HC/g]	S3 [mg CO ₂ /g]	HI [mg HC/g CO ₂ /g]	OI [mg CO ₂ /g]	Tmax (°C)
ETA 72	Fm, Moatize	M1	23	1,94	49,45	0,6	215	3	441
	Fm, Moatize	M2	13	1	24,91	0,51	192	4	440
	Fm, Moatize	M3	11	1,22	25,08	0,86	228	8	436
	Fm, Moatize	M4	8,4	0,86	14,23	0,49	169	6	437
	Fm, Moatize	M5	6,8	0,56	7,15	1,52	105	22	441
	Fm, Moatize	M6	14	0,61	11	0,39	79	3	451
	Fm, Moatize	M7	18	0,98	21,61	0,6	120	3	441
	Fm, Moatize	M8	21	0,76	16,94	0,53	81	3	444
	Fm, Moatize	M9	1,1	0,05	0,41	0,11	37	10	460
	Fm, Vúzi	M10	2,3	0,07	0,81	0,15	35	7	447
	Fm, Vúzi	M11	2,8	0,09	0,68	0,17	24	6	544
	Fm, Vúzi	M12	1,3	0,05	0,29	1,51	22	116	549
	Fm, Vúzi	M13	2,5	0,09	0,71	0,42	28	17	539
	Fm, Vúzi	M14	2,8	0,08	0,69	0,2	25	7	531
ETA 65	Fm, Vúzi	M16	1,2	0,04	0,3	1,68	25	140	530
	Fm, Vúzi	M18	2,8	0,07	0,79	1,11	28	40	520
	Fm, Vúzi	M19	2,6	0,04	0,77	0,62	30	24	523
	Fm, Vúzi	M20	2,7	0,06	1,79	0,14	66	5	442
ETA 75	Fm, Moatize	M21	17	0,24	2,98	11,3	18	66	447
	Fm, Moatize	M22	1,3	0,05	0,38	0,48	29	37	531
	Fm, Moatize	M23	9,4	0,44	14,33	0,71	152	8	442
	Fm, Moatize	M24	15	0,83	36,14	0,64	241	4	439
	Fm, Moatize	M25	11	1,09	15,98	0,4	145	4	443
	Fm, Moatize	M26	13	1,36	22,5	0,52	173	4	442
	Fm, Moatize	M27	12	0,64	14,06	0,29	117	2	441
	Fm, Moatize	M28	3	0,09	2,26	0,12	75	4	442
	Fm, Vúzi	M29	2,2	0,16	0,69	0,22	31	10	529
	Fm, Vúzi	M30	1,6	0,08	0,38	0,26	24	16	546
	Fm, Vúzi	M33	1,3	0,06	0,44	0,19	34	15	459
Fm, Vúzi	M34	5,4	0,18	2,53	0,41	47	8	465	
ETA 15	Fm, Moatize	M36	2,2	0,06	0,95	0,24	43	11	459
	Fm, Moatize	M37	3,2	0,12	1,15	0,29	36	9	477
	Fm, Moatize	M38	2,5	0,08	0,65	0,19	26	8	451
	Fm, Moatize	M39	9,7	0,42	9,84	0,36	101	4	439
	Fm, Moatize	M40	23	1,44	42,59	0,68	185	3	440
	Fm, Moatize	M41	2,4	0,06	0,62	0,21	26	9	438
ETA 71	Fm, Moatize	M44	9,6	0,46	10,85	0,73	113	8	436
	Fm, Moatize	M45	9,8	0,46	7,99	0,58	82	6	438
	Fm, Moatize	M46	19	1,49	26,83	0,74	141	4	441
	Fm, Moatize	M47	31	1,96	36,68	1,13	118	4	442
	Fm, Vúzi	M48	0,9	0,05	0,33	0,21	37	23	450
	Fm, Vúzi	M49	13	0,47	9,46	0,54	73	4	452
	Fm, Vúzi	M51	2,9	0,11	1,21	1,95	42	67	447
	Fm, Vúzi	M52	0,9	0,08	0,25	0,83	28	92	476

Referências Bibliográficas

Afonso, R. S., Marques, J. M. and Ferrara, M. (1998). A Evolução Geológica de Moçambique. Instituto de Investigação Científica Tropical de Portugal e Direcção Nacional de Geologia de Moçambique. 1ª Edição, Lisboa, Portugal.

Barker, C. 1988. Geothermics of petroleum systems: implications of the stabilization of kerogen thermal maturation after a geologically brief heating duration at peak temperature. In: Magoon, L.B. (Ed.), Petroleum Systems of the United States, U.S. Geological Survey Bulletin, 1870, pp. 26-29.

Fernandes, P., Luis, J., Rodrigues, B., Marques, M., Valentim, B., Flores, D., 2010. The measurement of vitrinite reflectance with MatLab, In: Oliwkiewicz-Miklasinka, M., Stempien-Salek, M. & Iaptas, A. (Eds) CIMP Poland General Meeting, September 2010, Institute of Geological Sciences, Polish Academy of Sciences, Warsaw, pp. 11–13.

GTK Consortium, 2006. Map Explanation; Volume 2: Sheets 1631 – 1934. Geology of Degree Sheets, MECUMBURA, CHIOCO, TETE, TAMBARA, GURO, CHEMBA, MANICA, CATANDICA, GORONGOSA, ROTANDA, CHIMOIO and BEIRA, Mozambique. Ministério dos Recursos Minerais, Direcção Nacional de Geologia, Maputo.

Hillier, S., Marshall, J., 1988. A rapid technique to make polished thin sections of sedimentary organic matter concentrates. *Journal of Sedimentary Petrology*, 58, pp. 754-755.

Luis, L., 2007. Mirone: A multi-purpose tool for exploring grid data. *Computers & Geosciences*, 33, pp. 31-41.

Peters, K.E., and Cassa, M.R., 1994. Applied source rock geochemistry, in Magoon, L.B., and Dow, W.G., eds., *The Petroleum System - From Source to Trap*. American Association of Petroleum Geologists Memoir 60, p. 93-117.

COMISSÃO CIENTÍFICA

Prof. Dr. Alexandre Lima (Univ. Porto)
Prof. Dr. Alexandre Tavares (Univ. Coimbra)
Prof. Dr. António Neves Trota (Univ. Açores)
Prof. Dr. Diamantino Pereira (Univ. Minho)
Prof. Dra. Maria Elisa Gomes (UTAD)
Prof. Dr. Fernando Pacheco (UTAD)
Prof. Dr. Fernando Rocha (Univ. Aveiro)
Prof. Dr. José Lopes Velho (Univ. Aveiro)
Prof. Dr. Luiz Oosterbeek (Inst. Polit. Tomar)
Prof. Dra. Maria do Rosário Anjos (UTAD)
Prof. Dra. Maria do Rosário Costa (UTAD)

COORDENAÇÃO

Fernando Leal Pacheco
Carlos Madeira Coke
José Martinho Lourenço
Maria do Rosário Costa
Nuno Monteiro Vaz

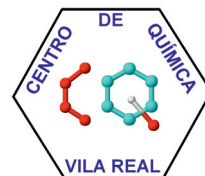
CONTACTOS

Departamento de Geologia
Escola de Ciências da Vida e do Ambiente
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Apartado 1013
5001-801 Vila Real

Tel. 259 350 280
Fax. 259 350 480
email: recgeo@utad.pt
<http://recgeo.utad.pt/>

ISBN: 978-989-704-153-2

APOIOS



ODEBRECHT

BENTO PEDROSO CONSTRUÇÕES, S.A.