

# Caracterização da fração orgânica (zoomorfos/ zooclastos) dos calcários da “Fácies de Candeeiros”

Jéssica Venâncio Nobre Martins

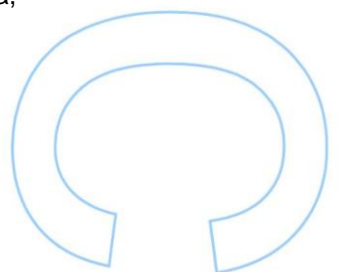
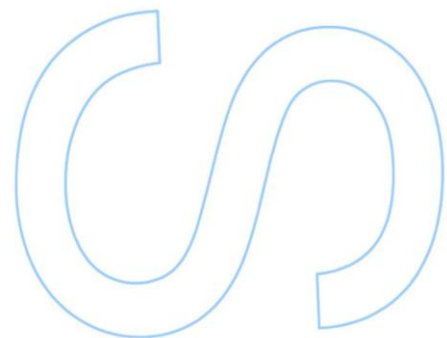
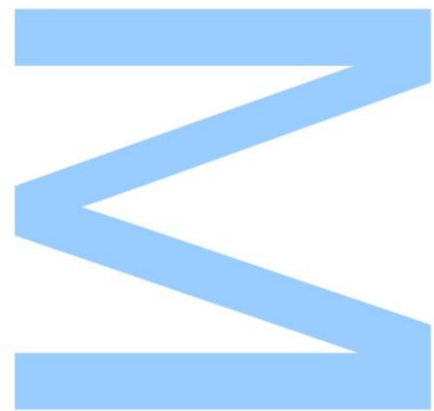
Mestrado em Geomateriais e Recursos Geológicos  
Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território  
2016

## Orientadora

Deolinda Maria dos Santos Flores Marcelo da Fonseca, Professora Catedrática,  
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

## Coorientadores

Paula Alexandra Sá da Silva Gonçalves, Professora Auxiliar Convidada,  
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

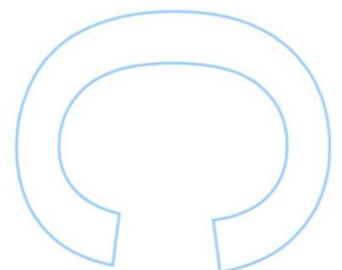
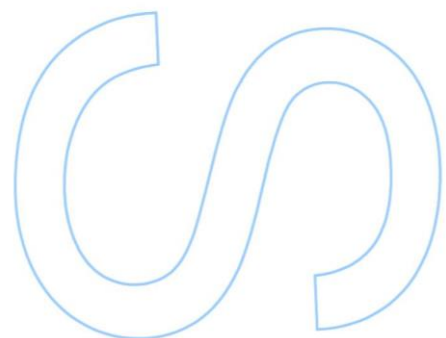
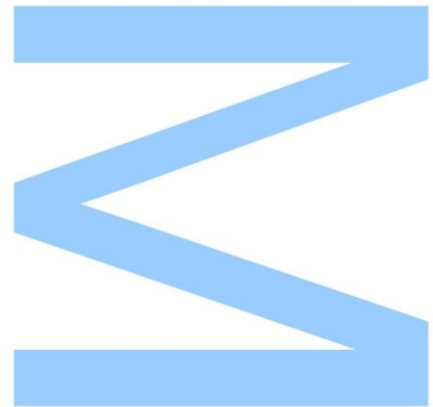






Todas as correções determinadas pelo júri, e só essas, foram efetuadas.  
O Presidente do Júri,

Porto, \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_





## Agradecimentos

Gostaria de agradecer à minha orientadora da dissertação, a Prof. Dra. Deolinda Flores, por me ter dado esta oportunidade de desenvolver este tema que recentemente despertou tanto interesse e curiosidade em mim. Agradeço também toda a sua atenção e disponibilidade prestadas para a melhor realização deste trabalho.

À Dra. Paula Gonçalves, tenho a fazer um agradecimento especial, esteve sempre disponível para qualquer dúvida e foi de facto, uma preciosa ajuda neste trabalho. Foi incansável em todos os aspetos e foi uma enorme contribuição para este trabalho.

Queria também agradecer ao Laboratório de Palinofácies do Rio de Janeiro, Brasil (LAFO) e ao responsável Prof. Dr. João Graciano Mendonça Filho pela realização das análises geoquímicas (COT, St e RI) e por toda a ajuda prestada para completar ainda mais o meu trabalho.

Ao Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território pela cedência do espaço e material microscópico que permitiram a visualização e interpretação dos resultados deste trabalho.

Acima de tudo, um agradecimento muito especial à minha Mãe e ao meu Pai, que sempre me apoiaram desde o início e estiveram sempre presentes para quando precisasse de alguma coisa. Pois se consegui chegar até aqui foi tudo graças a eles. Agradeço também à minha família, pelo carinho, apoio e por acreditarem sempre em mim.

À Flávia Mota, colega e amiga, quero agradecer pela sua ajuda no início deste último ano na preparação das amostras e numa parte da interpretação e abordagem das mesmas. Definitivamente, aprendemos muito uma com a outra. E claro, também, por todo o seu apoio e amizade nestes últimos 5 anos.

Queria agradecer às minhas companheiras e colegas de mestrado e de licenciatura, à Micaela Prior, Catarina Valadares, Marcela Pinto e Arminda Damas, por todo o apoio, amizade e boa disposição que partilhámos.

À Inês Silva, pelo carinho, a amizade e a força que me deu desde o início até ao fim desta etapa da minha vida.

Por fim, gostaria de agradecer ao meu namorado, Bruno Pereira, pela força que me deu, pelo carinho, por ter acreditado sempre em mim desde o início e também pela paciência durante todos estes anos.

Obrigada a todos.



## Resumo

A Bacia Lusitânica é a única bacia que se encontra nas margens do Atlântico Norte com uma extensa exposição superficial, pelo que tem atraído muitos especialistas de variadas áreas, na maioria geólogos, principalmente ligados à prospeção do petróleo. Esta desenvolveu-se na Margem Ocidental Ibérica durante parte do Mesozóico e a sua dinâmica enquadra-se no contexto da fragmentação da Pangeia, mais especificamente da abertura do Atlântico Norte.

O presente trabalho foca-se na análise de 20 amostras recolhidas da sondagem Gaiteiros-1, mais concretamente, da “Fácies de Candeeiros”. Esta sequência pertence ao Jurássico Médio, tendo cerca de 160 Ma, com idades compreendidas entre o Batoniano e o Caloviano. É constituída por uma sucessão de calcários intercalados por níveis de dolomite e calcários dolomíticos, podendo ocasionalmente ocorrer camadas de argilitos muito finas.

O principal objetivo deste trabalho é a caracterização organopalinológica (palinofácies) e geoquímica (carbono orgânico total, enxofre total e teor em carbonato de cálcio) da MO, nomeadamente o estudo dos zoomorfos/zooclastos. Os resultados obtidos na análise geoquímica apresentam valores de COT muito baixos, desde 0,10% a 0,25% de carbono, com uma média aproximada de 0,16%. Os valores de enxofre variam de 0,01% a 0,06%, com um valor médio de 0,03%. A refletância da vitrinite e dos betumes sólidos apresenta valores entre 0,31-0,70% e 0,43-0,95%, respetivamente. Na análise de palinofácies, dos resultados obtidos o que domina é a matéria orgânica amorfa (MOA) (89,71%), seguido dos fitoclastos (5,19%) e dos palinomorfos (5,01%) que possuem valores médios quase idênticos.

A preservação dos zoomorfos/zooclastos na “Fácies de Candeeiros” é um forte indicativo de elevada produtividade de zooplâncton, assim como uma elevada produtividade primária. A identificação e caracterização de palinomorfos têm um papel muito importante para a descrição das condições paleoambientais aquando da sua deposição.

A “Fácies de Candeeiros” teve episódios alternados, durante a sua deposição, em ambientes óxicos e redutores. A clara evidência da existência de MOA em todas as amostras demonstra zonas de alta preservação da MO devido às condições redutoras do ambiente e de baixa energia. Por outro lado, a ocorrência de zooclastos demonstra a existência de ambientes temporários com a presença de oxigénio na coluna de água, tendo a sua origem essencialmente do fitoplâncton aí fixado. A presença de palinoforaminíferos e de hidrozoários, na “Fácies de Candeeiros”, indica condições deposicionais marinhas durante a sedimentação.

**Palavras-chave:** Palinofácies; geoquímica orgânica; petrografia orgânica; caracterização paleoambiental; sondagem Gaiteiros-1; MOA; hidrozoários; Jurássico Médio; “Fácies de Candeeiros”; Bacia Lusitânica.

## Abstract

The Lusitanian Basin is the only basin that is in the North Atlantic shore with an extensive surface exposure, which has attracted a lot of different experts, mainly geologists dealing with oil exploration. This basin was developed in the West-Iberian Margin during the Mesozoic and its dynamic is within the context of the fragmentation of Pangaea, specifically the opening of the North Atlantic.

This work focuses on the analysis of 20 samples from “Candeeiros Facies” collected in the Gaiteiros-1 well. This sequence belongs to the Middle Jurassic, with about 160 Ma, aged between Bathonian and Callovian periods. It consists of a succession of limestone interbedded with levels of dolomite and dolomitic limestones, and occasionally very thin layers of mudstones.

The main objective of this work is the organopalinological (palynofacies) and geochemistry (total organic carbon, total sulfur and calcium carbonate content) characterization of organic matter, in particular the study of zoomorphs/zooclasts. The results of the geochemical analysis show a very low TOC content, with values from 0.10% to 0.25% (an average of about 0.16%). The total sulfur values range from 0.01% to 0.06% with an average of 0.03%. The vitrinite and solid bitumen reflectance varied between 0.31-0.70% and 0.43-0.95%, respectively. The palynofacies results showed a dominance amorphous organic matter (AOM) (89.71%), followed by phytoclasts (5.19%) and palynomorphs (5.01%) that have almost identical average values.

The preservation of the zoomorphs/zooclasts in the “Candeeiros Facies” is a strong indicator of high productivity of zooplankton, as well as a high primary productivity. The identification and characterization of palynomorphs have a very important role in the description of the paleoenvironmental conditions at the time of deposition.

The “Candeeiros Facies” had during its deposition alternating episodes of oxidizing and reducing environment conditions. The clear evidence of AOM in all samples shows areas of high preservation of organic matter associated with reducing environment conditions and low energy. Moreover, the occurrence of zooclasts demonstrates the presence of oxygen in the environment, having its origin primarily phytoplankton fixed there. The presence of test linings foraminifera and hydroids in the “Candeeiros Facies” indicates marine depositional conditions during sedimentation.

**Keywords:** Palynofacies; organic geochemistry; organic petrography; paleoenvironmental characterization; Gaiteiros-1 well; MOA; hydrozoans; Middle Jurassic; “Candeeiros Facies”; Lusitanian Basin.



# Índice

Agradecimentos.....	V
Resumo.....	VII
Abstract.....	IX
Índice.....	XI
Índice de figuras.....	XIII
Índice de tabelas.....	XVII
Abreviaturas.....	XIX
<b>Capítulo I – Introdução e conceitos gerais.....</b>	<b>1</b>
1. Introdução.....	3
1.1.    Objetivos.....	3
2. Produção, acumulação e preservação da matéria orgânica.....	4
2.1.    Balanço do carbono orgânico.....	4
2.2.    Produtividade biológica primária.....	5
2.3.    Acumulação e preservação da matéria orgânica.....	6
2.4.    Palinofácies.....	7
2.4.1. Classificação.....	8
<b>Capítulo II – Enquadramento geográfico e geológico.....</b>	<b>13</b>
3. Enquadramento Geográfico e Geológico.....	15
3.1.    Enquadramento geográfico.....	15
3.2.    Enquadramento geológico.....	15
3.2.1. Bacia Lusitânica.....	15
3.2.2. “Fácies de Candeeiros” na sondagem Gaiteiros-1.....	18
<b>Capítulo III – Material e métodos.....</b>	<b>19</b>
4. Amostras e metodologia.....	21
4.1.    Seleção de amostras.....	21

4.2.	Metodologias.....	21
4.2.1.	Geoquímica orgânica.....	21
4.2.2.	Palinofácies (luz transmitida).....	22
4.2.3.	Petrografia orgânica (luz refletida).....	24
4.3.	Tratamento dos dados.....	27
<b>Capítulo IV – Resultados.....</b>		<b>29</b>
5.	Resultados.....	31
5.1.	Geoquímica orgânica.....	31
5.2.	Palinofácies.....	32
5.2.1.	Grupo dos Fitoclastos.....	34
5.2.2.	Grupo Amorfa.....	35
5.2.3.	Grupo dos Palinomorfos.....	38
5.2.4.	Grupo dos Zooclastos.....	43
5.3.	Petrografia Orgânica.....	43
<b>Capítulo V – Discussão dos resultados.....</b>		<b>47</b>
6.	Discussão dos resultados.....	49
<b>Capítulo VI – Conclusão.....</b>		<b>55</b>
7.	Conclusão.....	57
<b>Capítulo VII – Referências bibliográficas.....</b>		<b>59</b>
8.	Referências bibliográficas.....	61

# Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> – Localização geográfica da sondagem Gaiteiros-1 (Extraída de: Google Earth).....	15
<b>Figura 2</b> - Enquadramento geográfico e tectónico da Bacia Lusitânica. Ilustração dos setores. Sondagens: Ca -Carapau, Do - Dourada, Mo - Moreia, Vm - Vermoil, Sm - S. Mamede, Ga - Gaiteiros, Cp - Campelos, Ar - Arruda, Ms - Monsanto, Br - Barreiro, Go – Golfinho (modificado de Kullberg et al., 2013).....	16
<b>Figura 3</b> - Litologia e estratigrafia da Sondagem Gaiteiros 1 (modificado do relatório de sondagem). Nota: A vermelho está representado as amostras que foram estudadas de 50 em 50 metros.....	18
<b>Figura 4</b> – Fases e materiais usados para a elaboração das amostras para a análise de petrografia orgânica. (a) Almofariz de ágata para moer a amostra; (b) Solução de resina ( <i>Epofix</i> ) e endurecedor ( <i>Epofix hardene</i> ); (c) Processo de mistura das amostras; (d) Identificação das amostras.....	25
<b>Figura 5</b> – Fases e materiais usados para o polimento das superfícies polidas. (a) Polimento das amostras; (b) Suspensão de sílica a 0,3 µm; (c) Suspensão de sílica a 0,05 µm; (d) Amostras polidas e colocadas num exsiccador.....	26
<b>Figura 6</b> - Fotomicrografias da MO dispersa em LB (A, C e E) e LF (B, D e F). A-B (am. 850m): MOA de hidrozoário (MOA Hz); C-D (am. 1400m): MOA derivada de fitoplâncton ("MOA") e fitoclasto não opaco (FNO); E-F (am. 900m): MOA de zooclasto (MOA Zc), tentáculos de hidrozoários (THz) e fitoclasto opaco corroído (FOC).....	33
<b>Figura 7</b> - Fotomicrografias da MO dispersa em LB (A e B). A (am. 900m) e B (am. 1500m): Fitoclasto opaco alongado (FOA); C (am. 1000m): Fitoclasto opaco corroído (FOC); D (am. 900): Fitoclasto não opaco não bioestruturado (FNONB); E (am. 850m): Fitoclasto não opaco bioestruturado perfurado (FNOBP); F (am. 900m): Fitoclasto não opaco bioestruturado listrado (FNONBL).....	34

**Figura 8** – Fotomicrografias de MO dispersa em LB (A e B). A (am. 1100m): Hifas de fungos (Hf); B (am. 1100m): Hifas de fungos (Hf) e esporo (Esp).....35

**Figura 9** - Fotomicrografias de MO dispersa em LB (A, C e E) e LF (B, D e F). A-B (am. 1250m): MOA derivada de fitoplâncton ("MOA"); C-D (am. 1200m): MOA de zooclasto (MOA Zc); E-F (am. 950m): MOA de hidrozoário (MOA Hz).....36

**Figura 10** - Fotomicrografias de MO dispersa em LB (A, B, C e D). A (am. 1700m): MOA derivada de fitoplâncton ("MOA") e hifas de fungos (Hf); B (am. 1050m): MOA de fitoclasto (MOA Fi); C (am. 900m): Substância bacteriana extracelular polimérica (EPS) e possíveis medusas (Med); D (am. 1700m): Substância bacteriana extracelular polimérica (EPS) e hifas de fungos (Hf).....37

**Figura 11** – Fotomicrografias de MO dispersa em LB (A, B e C) e LF (D). A am. 1250m): Esporo (Esp); B (am. 1050m): Esporo (Esp), MOA de zooclasto (MOA Zc) e fitoclasto não opaco não bioestruturado (FNONB); C-D (am. 1150m): Políade (Pol) e MOA derivada de fitoplâncton ("MOA").....38

**Figura 12** – Fotomicrografias de MO dispersa em LB (A). A (am. 1600m): Dinocisto (Di).....39

**Figura 13** – Fotomicrografias de MO dispersa em LB (A, C e D) e LF (B). A-B (am.1750m), C (am. 1100m) e D (am. 1050m): Palinoforaminífero (Pf).....39

**Figura 14** - Fotomicrografias de MO dispersa em LB (A, C e E) e em LF (B, D e F). A-B-C-D (am. 950m), E-F (am. 1150m): Pólipo (Po).....40

**Figura 15** – Fotomicrografias de MO dispersa em LB (A, B, C e D). A (am. 1350m): Fragmento de tentáculo de hidrozoário (THz); B (am. 1750m): Tentáculo de hidrozoário (THz); C-D (am. 900m): Tentáculos de hidrozoários.....41

**Figura 16** - Fotomicrografias de MO dispersa em LB (A, B, C, E e F) e em LF (D). A-F (am. 1150m), B (am. 1350), C-D (am. 950m) e E (am. 1650): Medusa (Med).....42

**Figura 17** - Fotomicrografias da MO dispersa em LB (A e B). A (am. 1300m): Zooclasto (Zc), MOA de zooclasto (MOA Zc) e dinocisto (Di); B (am. 1300m): Zooclasto (Zo).....43

**Figura 18** - Fotomicrografias da MO dispersa em LR (A, B, C, D e E) e em LF (F). A (am. 1200m): Betume sólido (Be) e carbonatos (Cb); B (am. 900): Vitrinite (Vi); C (am. 1800m): Pólipos ou tentáculos de hidrozoários (THz); D (am. 950m): Cristais de calcite (Ca); E-F (am. 1550m): Betuminite (Bet).....45

**Figura 19** - Diagramas binários da variação dos valores obtidos através da geoquímica e de palinofácies.....50

**Figura 20** - Ilustração dos ambientes de deposição e das condições em que se formaram os componentes orgânicos da “Fácies de Candeeiros”.....51

**Figura 21** – Diagrama ternário que demonstra a relação Fitoclasto – MOA – Palinomorfo (proposto por Tyson, 1995 e modificado por Mendonça et al., 2011b) das amostras pertencentes à “Fácies de Candeeiros” recolhidas da sondagem Ga-1.....52



# Índice de Tabelas

<b>Tabela 1</b> – Classificação detalhada dos componentes palinológicos individuais para o Grupo de Fitoclastos proposto por Tyson (1995), Vincent (1995), Mendonça Filho (1999) e Mendonça Filho et al. (2002, 2010, 2011a, 2012, 2014).....	9
<b>Tabela 2</b> - Classificação detalhada dos componentes palinológicos individuais para o Grupo da MOA proposta por Tyson (1995), Vincent (1995), Mendonça Filho (1999) e Mendonça Filho et al. (2002, 2010, 2011a, 2012, 2014).....	11
<b>Tabela 3</b> - Classificação detalhada dos componentes palinológicos individuais para o Grupo dos Palinomorfos proposta por Tyson (1995), Vincent (1995), Mendonça Filho (1999) e Mendonça Filho et al. (2002, 2010, 2011a, 2012, 2014, 2016).....	12
<b>Tabela 4</b> - Dados de geoquímica das amostras estudadas.....	31
<b>Tabela 5</b> – Percentagens relativas dos diferentes grupos de cerogénio presentes nas amostras estudadas.....	32
<b>Tabela 6</b> – Valores de poder refletor aleatório médio da vitrinite (R%) e betumes sólidos das amostras estudadas.....	44
<b>Tabela 7</b> - Paleoambientes determinados através das características da MO de cada campo de palinofácies. O campo que está sobressaído a vermelho é o paleoambiente correspondente às amostras da "Fácies de Candeeiros".....	53



# Abreviaturas

Be – Betume sólido

Bet – Betuminite

BL – Bacia Lusitânica

C – Carbono

Ca - Calcite

CaCO<sub>3</sub> - Carbonato de cálcio

Cb - Carbonato

CO<sub>2</sub> - Dióxido de carbono

C<sub>org</sub> - Carbono Orgânico

COT - Carbono Orgânico Total

C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> – Molécula de glicose

C/S - Relação carbono com enxofre

Di - Dinocisto

DGAOT - Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território

EPS - Substância Bacteriana Extracelular Polimérica

Esp - Esporo

FNO - Fitoclasto não opaco

FNOB - Fitoclasto não opaco bioestruturado

FNOBB - Fitoclasto não opaco bioestruturado bandado

FNOBE - Fitoclasto não opaco bioestruturado estriado

FNOBL - Fitoclasto não opaco bioestruturado listrado

FNOBP - Fitoclasto não opaco bioestruturado perfurado

FNONB - Fitoclasto não opaco não bioestruturado

FO - Fitoclasto opaco

FOA - Fitoclasto opaco alongado

FOC - Fitoclasto opaco corroído

FOE - Fitoclasto opaco equidimensional

Ga-1 - Sondagem Gaiteiros-1

H - Hidrogénio

HCl - Ácido clorídrico

Hf - Hifas de fungo

HF - Ácido fluorídrico

Hz – Hidrozoário

H<sub>2</sub>O – Molécula da água

ICCP - International Committee for Coal and Organic Petrology

LAFO - Laboratório de Palinofácies e Fácies Orgânica

Ma – Milhões de anos

MA - Massa da amostra

Med – Medusa

MI - Massa do insolúvel

MO - Matéria Orgânica

MOA - Matéria Orgânica Amorfa

MOA Fi - Matéria Orgânica de Fitoclasto

MOA Hz - Matéria Orgânica de Hidrozoário

MOA Zc - Matéria Orgânica de Zooclasto

MOI - Margem Ocidental Ibérica

N - Azoto

O - Oxigénio

O<sub>2</sub> – Molécula de oxigénio

Pf - Palinoforaminífero

Po - Pólipo

RI - Resíduo insolúvel

Rpm - Rotações por minuto

S - Enxofre

SO<sub>2</sub> - Dióxido de enxofre

St - Enxofre total

THz - Tentáculo de hidrozoário

TSOP - The Society for Organic Petrology

Vi - Vitrinite

ZnCl<sub>2</sub> - Cloreto de zinco

Zo - Zooclasto

%Rr - Reflectância média

# **Capítulo I**

## **Introdução e conceitos gerais**



## 1. Introdução

Desde sempre, que na história da vida na Terra, se entrelaçam numa relação constante dois domínios fundamentais, a biosfera e a geosfera. Resultante desta interação inclui-se, entre tantos outros, a deposição e acumulação de matéria orgânica (MO) em sedimentos e rochas sedimentares. Para se entenderem melhor estes processos é necessário ter em conta fatores ambientais que controlam a produção da MO na biosfera, os processos ecológicos e sedimentológicos que influenciam a sua deposição e distribuição, os fatores biogeoquímicos e geomicrobiológicos que afetam a sua preservação e os processos geoquímicos e físicos responsáveis pela sua modificação durante a incorporação na geosfera (Tyson, 1995).

A matéria orgânica é derivada de restos vegetais e/ou animais que são incorporados no solo ou se dispõem sobre a sua superfície. Possuem na sua constituição moléculas orgânicas (monómeros e polímeros) que provêm direta ou indiretamente da parte orgânica dos organismos vivos, sendo compostos por carbono (C), hidrogénio (H), oxigénio (O), azoto (N) e enxofre (S) (Tissot e Welte, 1984). Uma vez sintetizada pelos organismos, a MO é depositada e preservada nos sedimentos para dar origem, dependendo do tipo de MO, a hidrocarbonetos ou a carvão (Mendonça Filho, 2010; Tissot e Welte, 1984).

A caracterização da MO contida em sedimentos e rochas sedimentares fornece informações sobre tipo de MO depositada, as condições deposicionais, entre outras. Para tal, recorre-se à integração de dados de palinofácies e geoquímica orgânica como, por exemplo, determinação do carbono orgânico total (COT), enxofre total (St) e resíduo insolúvel (RI). Estas técnicas facultam dados que podem ser avaliados no contexto mais amplo dos fatores gerais que controlam a sedimentação, distribuição e preservação da matéria orgânica, com ênfase na análise paleoambiental (e.g. Mendonça Filho et al., 2011b; Tyson, 1995).

### 1.1. Objetivos

No presente trabalho pretende-se fazer o estudo da matéria orgânica que ocorre nos carbonatos pertencentes à “Fácies Candeeiros” (Bacia Lusitânica) da sondagem Gaiteiros-1 (Ga-1). Como objetivos específicos deste trabalho pretende-se:

- i. Caracterizar petrograficamente a fração orgânica, recorrendo à técnica de palinofácies (microscopia de transmissão em luz branca e luz azul incidente);
- ii. Estudar a relação entre a fração orgânica e a fração mineral em amostras de rocha total (microscopia de luz branca refletida e luz azul incidente);
- iii. Determinar a refletância da vitrinite e dos betumes sólidos;

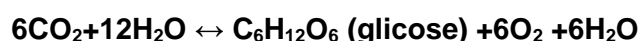
- iv. Identificar zoomorfos (incluindo hidrozoários) e zooclastos presentes nesta fácies;
- v. Reconstituir o ambiente deposicional da “Fácies de Candeeiros”;

## 2. Produção, acumulação e preservação da matéria orgânica

### 2.1. Balanço do carbono orgânico

O carbono é um dos elementos químicos mais importantes no ciclo de vida dos seres vivos, uma vez que faz parte da composição química de todos os componentes orgânicos e de uma grande parte dos inorgânicos.

O dióxido de carbono encontra-se na atmosfera em concentrações muito baixas (aproximadamente 0,03%) e, em proporções semelhantes, também está dissolvido na parte superficial de mares, oceanos, rios e lagos (Tissot e Welte, 1984). O carbono que se encontra na atmosfera é captado pelas plantas autotróficas através da fotossíntese, sendo este o processo primário responsável pela produção da maior parte de MO na Terra. Uma forma simples da equação química da fotossíntese é apresentada de seguida:



A fotossíntese é um processo de reação do hidrogénio (H) da molécula de água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) com o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) para que, com a absorção de energia (energia luminosa), possa produzir matéria orgânica sob a forma de glicose. Assim, a glicose (relativamente rica em energia) é sintetizada pelas plantas verdes com a ajuda da luz solar. A partir da glicose, os organismos autotróficos podem metabolizar polissacarídeos (celulose, amido) e todos os demais constituintes necessários à própria subsistência.

A fotossíntese surgiu no Proterozóico e a partir daí, o desenvolvimento da cadeia alimentar e a evolução de formas superiores de vida deram início a uma grande evolução que se estende até aos dias de hoje. O enriquecimento da atmosfera em moléculas de oxigénio é uma consequência direta da fotossíntese, criando-se assim as bases para a produção em massa de matéria orgânica.

A produção orgânica primária é expressa em carbono orgânico ( $\text{C}_{\text{org}}$ ). A maioria do carbono na Terra está concentrada em rochas sedimentares que se encontram na crosta terrestre. É estimado que 18% do carbono total em rochas sedimentares é carbono orgânico e que 82% do carbono sedimentar existe sob a forma de carbonatos (Schidlowski et al, 1974). Estima-se que durante a história da Terra a média de preservação da matéria

orgânica primária (em %) produzida, expressa em carbono orgânico, seja inferior a 0,1% (Tissot e Welte, 1984).

## **2.2 Produtividade biológica primária**

A produtividade biológica primária ocorre predominantemente em ambientes aquáticos devido à influência de variáveis físico-químicas e biológicas levando à produção de carbono orgânico. Este processo em ambientes aquáticos, sobretudo em ambientes marinhos, é muito importante para a formação de rochas potencialmente geradoras de hidrocarbonetos. Por outro lado, a produtividade orgânica em ambientes terrestres (plantas superiores) apresenta um maior potencial para a formação de carvão (Tissot e Welte, 1984).

A produtividade primária de MO em ambientes aquáticos é semelhante à dos ambientes aéreos/subaéreos, devido à existência de plantas terrestres, no entanto existe uma maior probabilidade de preservação da MO em ambientes aquáticos. Verifica-se que em ambientes aéreos/subaéreos, devido à existência de ar atmosférico (com 26% de O<sub>2</sub> livre) conjugado com a humidade do meio permite, além do crescimento e da ação de bactérias, a decomposição e destruição da MO bem como a sua oxidação (Tissot e Welte, 1984). Por sua vez, a preservação da MO é maior em ambientes aquáticos e/ou em sedimentos subaquáticos, principalmente quando é depositada em sedimentos finos que limitam o acesso do oxigénio molecular dissolvido à MO. Assim, a atividade das bactérias aeróbias termina quando todo o oxigénio é gasto levando à preservação e fossilização da MO depositada (Tissot e Welte, 1984).

Em ambientes aquáticos a produtividade biológica é, normalmente, controlada por fatores físico-químicos como a luz, temperatura e composição química da água do mar e principalmente pela presença de nutrientes minerais (tais como fosfatos e nitratos). No entanto, a fisiografia dos oceanos, a morfologia das bacias e correntes oceânicas, e a mistura de diferentes corpos de água também influencia a produtividade (Tissot e Welte, 1984). Por outro lado, a produtividade em ambientes terrestres é controlada por fatores como a luz, temperatura ou humidade, tendo em consideração também fatores externos como a tectónica e paleogeografia da região onde ocorre este processo (Tissot e Welte, 1984).

A principal fonte de MO em ambientes aquáticos/subaquáticos é o fitoplâncton. Este é constituído por algas unicelulares que se encontram na zona fotónica (que corresponde à parte do ecossistema aquático que recebe luz solar suficiente para que ocorra a fotossíntese), tais como algas diatomáceas e dinoflagelados. A falta de disponibilidade de nutrientes (nitratos e fosfatos) é um dos fatores condicionantes na produtividade do fitoplâncton, pois estes tendem a tornar-se escassos na zona fotónica (devido à intensa

atividade biológica que ocorre nas águas superficiais). A maior parte da produção biológica está concentrada nos 60 a 80 metros superiores da coluna de água.

Desde o Pré-Câmbrico até ao Devónico, o fitoplâncton marinho era o único produtor de MO primária. A partir desse período, houve um aumento crescente da produtividade primária passando este processo a realizar-se, também, em ambientes terrestres devido ao aparecimento e desenvolvimento de plantas superiores. Hoje em dia, estima-se que o fitoplâncton marinho e as plantas terrestres superiores produzam quantidades semelhantes de carbono orgânico. Quantitativamente, os quatro contribuintes mais importantes de MO são:

- Fitoplâncton marinho;
- Zooplâncton;
- Plantas superiores;
- Bactérias.

Outra fonte da MO em meio aquático corresponde ao material transportado pelos cursos de água ficando esta sujeita à degradação em ambientes com carência de hidrogénio, ainda antes de ser transportado (Mendonça Filho, 2010).

### **2.3 Acumulação e preservação da matéria orgânica**

De acordo com Tissot e Welte (1984), a acumulação de MO em sedimentos é controlada por um número limitado de condições geológicas. A produção de biomassa, o transporte e os processos de degradação da MO são os principais fatores que controlam a acumulação da MO influenciando, também, a sua quantidade e qualidade. A acumulação de MO está limitada a ambientes aquáticos devendo estes incorporar uma determinada quantidade mínima de MO. Ao longo das margens continentais a taxa de acumulação da MO é muito alta devido à elevada produtividade primária presente em águas costeiras e/ou do fluxo intenso de material proveniente de plantas terrestres (Tissot e Welte, 1984).

O material orgânico depositado em ambientes aquáticos pode ser autóctone, isto é, tem origem na coluna de água ou no sedimento em que é depositado, ou alóctone quando é transportado para o ambiente de deposição. Quer se trate de MO autóctone ou alóctone, a energia da coluna de água e a quantidade de matéria mineral são função de um tipo específico de sedimentação.

Quando a energia na coluna de água é elevada a ação da erosão é superior à deposição dos sedimentos não permitindo a acumulação de material orgânico. O mesmo pode suceder se os sedimentos e a MO que estão a ser depositados tiverem uma granulometria muito grosseira. Neste último caso, os espaços vazios entre os poros

permitem a circulação do oxigénio, levando à destruição do material orgânico aí depositado. Para uma eficiente preservação de MO, a sua deposição deve ocorrer na fração argila. A granulometria fina e a baixa densidade fazem com que a entrada de oxigénio dissolvido na água seja dificultada, favorecendo a preservação da MO. Outro fator importante para o processo de acumulação e preservação da MO nos sedimentos é a taxa de sedimentação. Se a velocidade de sedimentação é elevada (deposição de uma grande quantidade de matéria mineral juntamente com material orgânico num curto espaço de tempo) pode levar à formação de rochas com um baixo teor em carbono orgânico. Por outro lado, se a taxa de sedimentação for baixa (deposição de uma pequena porção de material mineral, juntamente com material orgânico, num grande espaço de tempo), muito provavelmente não ocorrerá a preservação do material orgânico. A taxa de acumulação de  $C_{org}$  nos sedimentos marinhos parece estar diretamente ligada com a taxa de sedimentação, tendo sido verificada em áreas óxicas. Pelo contrário, em condições anóxicas, esta correlação não é tão evidente, sendo que a distribuição de  $C_{org}$  em sedimentos depositados nestas condições é significativamente maior qualquer que seja a taxa de sedimentação (Tissot e Welte, 1984). Assim, a acumulação de MO em sedimentos é influenciada pelos processos que conservam e concentram a MO, assim como aqueles que destroem e diluem a mesma (Mendonça Filho, 2010).

## 2.4 Palinofácies

O termo palinofácies foi usado pela primeira vez por Combaz (1964) referindo-se ao estudo da MO particulada dispersa em sedimentos e em rochas sedimentares. Segundo o trabalho de Combaz (1964) na *Campagne Française des Pétroles*, a palinofácies corresponde à relação total dos constituintes orgânicos microscópicos presentes em rochas sedimentares que persistem após a maceração em ácido clorídrico (HCl), para eliminação dos carbonatos, e ácido fluorídrico (HF), para eliminação dos silicatos, usados nos procedimentos de preparação palinológicas. Apesar da definição original palinofácies ser bastante aceitável hoje em dia, o termo tem sido usado por vários autores, porém, com algumas modificações (Atta-Peters et al., 2013; Batten, 1973, 1981, 1982; Boulter e Riddick, 1986; Hughes e Moody-Stuart, 1967; Powell et al., 1990).

Por sua vez, Tyson (1995) introduziu um conceito moderno de palinofácies, definindo-o como “um corpo de sedimento contendo uma assembleia distinta da matéria orgânica palinológica que reflete um grupo específico de condições ambientais, podendo ser associada com um potencial de geração de hidrocarbonetos”. De acordo com este autor, a palinofácies pode ser aplicada para:

- Determinar as percentagens relativas dos componentes orgânicos;
- Determinar o estado de preservação dos constituintes;
- Determinar a origem da MO;
- Determinar o potencial gerador em hidrocarbonetos;
- Avaliar o grau de maturação térmica da MO;
- Estabelecer os paleoambientes;
- Determinar as condições redox (redução/oxidação);
- Determinar a paleosalinidade (pela diferenciação dos componentes de água doce, marinha ou salobra);

A palinofácies é uma ferramenta analítica usada para identificar cada componente particulado individualmente, avaliar as suas proporções absolutas e relativas, determinar o tamanho das partículas e o seu estado de preservação, permitindo em conjunto com a informação geológica, geoquímica e geofísica para determinar o tipo de cerogénio, a sua abundância e proporções dos componentes orgânicos, fornecendo pistas sobre ambientes deposicionais e rochas potencialmente geradoras de hidrocarbonetos (Mendonça Filho, 2010).

Assim, os métodos de separação da MO (concentração de cerogénio) e a aplicação de técnicas de microscopia (luz branca transmitida e luz azul incidente) são as ferramentas fundamentais para a aquisição de dados, que posteriormente são analisados através de métodos estatísticos permitindo a sua interpretação (Mendonça Filho et al., 2011b).

### 2.4.1 Classificação

A análise de palinofácies envolve o estudo integrado de todos os aspetos da assembleia de matéria orgânica palinológica, que incluem a identificação dos componentes particulados individuais, a avaliação das suas proporções absolutas e relativas, o tamanho de partículas e os seus estados de conservação através de técnicas de microscopia em luz branca transmitida e luz azul incidente em lâminas organopalinológicas. O cerogénio é classificado em grupos e subgrupos, com base na análise microscópica. Os três principais grupos morfológicos são: o Grupo dos Fitoclastos, da Amorfa e dos Palinomorfos.

As tabelas 1, 2 e 3 apresentam o sistema de classificação detalhado dos componentes individuais palinológicos, baseado em Tyson (1995), Vincent (1995), Mendonça Filho (1999) e Mendonça Filho et al. (2002, 2010, 2012, 2016).

Bostick (1971) introduziu o termo “fitoclasto” para descrever as partículas de cerogénio derivadas de plantas superiores. Os fitoclastos estão divididos em opacos (cor negra) e não opacos (amarelados a castanhos), onde se incluem as cutículas e membranas (Tab. 1). As partículas não opacas estão subdivididas de acordo com sua morfologia, presenças ou ausências de elementos estruturais e diferenças no estado de preservação (Tab. 1). Esta subdivisão é particularmente importante na identificação seletiva das tendências de preservação e nas condições de energia dos ambientes deposicionais (Tyson, 1995).

Tabela 1 – Classificação detalhada dos componentes palinológicos individuais para o Grupo de Fitoclastos proposto por Tyson (1995), Vincent (1995), Mendonça Filho (1999) e Mendonça Filho et al. (2002, 2010, 2011a, 2012, 2014).

SUBGRUPOS		DESCRIÇÃO	
Opaco	<b>Equidimensional</b> Razão comprimento: altura <2	Partícula de cor negra ou opaca mesmo nos bordos da partícula; de forma quadrática; com contornos regulares; normalmente sem bioestrutura interna.	
	<b>Alongado</b> Razão comprimento: altura > 2	Partícula de cor negra ou opaca mesmo nos bordos da partícula; com contornos regulares.	
	<b>Corroído</b>	Partícula de cor preta ou opaca; contornos mais difusos; irregulares.	
Derivado de Vegetais Superiores Terrestres ou Fungos	<b>Não degradado</b> contorno nítido (pode ser irregular). Pode ser lascado. ou <b>Degradado</b> contorno irregular e difuso ou <b>Pseudoamorfo/ "Amorfo"</b> contorno difuso pode apresentar cor castanha clara, castanha e castanha escura. Começa a apresentar características de MOA, mas com aparência homogênea; sem pirite; sem inclusões. Pode exibir fluorescência. ou <b>Em decomposição (gelificado) "Altamente preservado"</b> Contorno irregular em luz branca transmitida, exibe cor de fluorescência. As características indicam elevado grau de preservação química, devido a condições específicas.	<b>Hifas de Fungo</b>	Fragments de Hifas; cor castanha; filamentos individuais do micélio da fase vegetativa do fungo (superior) eumycote.
		<b>Não-bioestruturado</b>	Não tem bioestrutura; translúcido, geralmente de cor castanha; forma equidimensional ou alongada.
		<b>Bioestruturado</b> Geralmente de cor castanha; forma alongada a equidimensional; estrutura interna claramente visível.	<b>Estriado:</b> mostram lineações (lineações regulares fibrosas). <b>Listrado:</b> listras irregulares ou desiguais (podem ser espessas). <b>Bandado:</b> com espessamento lateral paralelo igual e regular. <b>Perfurado:</b> apresentam perfurações.
	<b>Não opaco</b>	<b>Cutícula</b>	Tecido da epiderme de plantas superiores. Partícula com cor amarelo pálido-verde, amarelo, avermelhado-amarelo. Contornos celulares regulares; tipo folhas; e em alguns casos estomas visíveis. Ocasionalmente, podem ocorrer tecidos cuticulares mais espessos, neste caso, a cutícula está associada às camadas mais internas do vegetal, como córtex ou epiderme.
		<b>Membrana</b>	Partículas de cor amarelo-pálido; fina; tipo folha; irregular. Sem estrutura celular.
	<b>Esclerídeos</b>	Geralmente são opacos, mas podem ser translúcidos (castanho escuro). Células de tecido esclerenquimático, com parede secundária espessa e impregnadas de lignina. Encontradas em diferentes partes do vegetal (raiz, caule, olha) e têm a função de sustentação e resistência. Os esclerídeos podem ocorrer total ou parcialmente carbonizadas por processos de combustão e/ou oxidação, podendo ser classificados como componentes opacos (pretos) ou não opacos.	

O grupo Amorfa (Tab. 2) consiste em todas as partículas orgânicas que apresentam ausência de qualquer estrutura, à escala da microscopia. Neste grupo incluem-se material proveniente da degradação do fitoplâncton e de bactérias, resinas de plantas superiores e produtos amorfos da diagénese de tecidos de plantas macrófitas (Mendonça Filho et al., 2014). As partículas amorfas podem ser internamente homogéneas ou heterogéneas, hialinas (como a resina) ou não hialinas (como a MOA), e dependendo da sua origem e preservação podem ser fluorescentes e não fluorescentes (Tyson, 1995). As partículas que derivam de MOA de fitoplâncton são as mais comuns e têm origem em sedimentos marinhos ou lacustres. Estas partículas são maioritariamente heterogéneas e microparticuladas e, quando observadas em luz azul incidente, podem apresentar inclusões (p.ex., pirite, palinomorfos, etc.). Algumas partículas amorfas podem, por vezes, apresentar aspeto rendilhado com pequenas “crateras”, resultante da dissolução dos carbonatos devido ao tratamento ácido (Tyson, 1995). Estas partículas derivam da atividade bacteriana e estão geralmente associadas a baixos teores de COT (Mendonça Filho et al., 2010). Outro constituinte deste grupo de cerogénio é a substância bacteriana extracelular polimérica, geralmente denominada de EPS. Esta mucilagem é rica em lípidos e proteínas sendo extremamente resistente (alta preservação). As cianobactérias (algas azuis-esverdeadas) e as tiobactérias (bactérias sulfúricas) são as principais responsáveis pela produção de Substância Bacteriana Extracelular Polimérica (EPS; Mendonça Filho et al., 2010, 2012). Dentro do grupo da Amorfa encontra-se o subgrupo da MOA de zooclasto. Este tipo de partículas orgânicas, na sua maioria, possuem um aspeto homogéneo, sem contornos definidos e frequentemente irregulares. Ao contrário da “MOA”, não apresenta inclusões e possui cores em tons de castanhos. Recentemente, dentro do grupo da Amorfa, foi possível a identificação e caracterização de um novo elemento a ser considerado neste grupo, a MOA de hidrozoário. Por possuir características morfológicas um pouco diferentes, a MOA de hidrozoário apresenta alguma forma (normalmente polipóide ou medusóide) e apresenta visivelmente algum contorno nas suas partículas.

O termo palinomorfo, introduzido por Tschudy (1961), corresponde a todos os componentes de parede orgânica resistente ao ataque com HCL e HF, estando divididos em vários subgrupos (Tab. 3): esporos e grãos de pólen (esporomorfos); microplâncton de parede orgânica (marinho e água doce) e zoomorfos. No subgrupo dos zoomorfos destacam-se os hidrozoários, que correspondem a seres vivos aquáticos que pertencem ao filo Cnidária.

Existe o quarto grupo do cerogénio: Grupo Zooclasto (Tab. 3). Este grupo compreende fragmentos de partículas orgânicas derivadas de animais, por exemplo, graptólitos, ovos de crustáceos, conchas de ostracodes, tintinídeos, fragmentos de cutículas de insetos ou fragmentos de artrópodes. Esses restos orgânicos podem ter origem desconhecida devido

às características de fragmentação, mas muitas vezes possuem estrutura e contorno angular (Tyson, 1995).

Tabela 2 - Classificação detalhada dos componentes palinológicos individuais para o Grupo da MOA proposta por Tyson (1995), Vincent (1995), Mendonça Filho (1999) e Mendonça Filho et al. (2002, 2010, 2011a, 2012, 2014).

SUBGRUPO		DESCRIÇÃO
<b>"MOA"</b> Matéria orgânica amorfa derivada de fitoplâncton ou material bacteriano – derivada do retrabalhamento microbiológico.		Material não estruturado, nem morfologia ou forma; cores: amarela-laranja-vermelha; laranja-castanha, cinzenta; frequentemente apresentam inclusões de pirite e palinomorfos. Podem exibir ou não cor de fluorescência.
<b>Resina</b>		Partícula não estruturada (fragmentos vítreos), hialina, usualmente arredondada, homogênea, forte fluorescência.
<b>Produtos amorfos</b>	<b>Produtos de tecidos de macrófitas</b> (Pseudoamorfos/"Amorfos")	Contornos difusos, pode apresentar cor castanha clara, castanha e castanha escura; começa a mostrar algumas características de MOA, mas homogênea, não apresenta inclusões; pode exibir fluorescência.
	<b>Esteiras Microbianas</b>	Em luz branca refletida corresponde essencialmente ao maceral lamalginite. Material amorfo não estruturado, intensamente fluorescente e de origem bacteriana. Pode ser fina, pelicular, com impressões de crateras pela dissolução de carbonatos da matriz mineral no processo de isolamento por maceração ácida. Pode apresentar-se sob forma de placas densas, compactas, com contornos angulares.
	<b>Produto de bactérias</b> Substância bacteriana extracelular polimérica (EPS)	Baínha de mucilagem. Contornos difusos, fina, pode apresentar cores amarelo pálido, amarelo, laranja ou cinzento. Não tem inclusões nem pirite inclusa. Pode exibir fluorescência intensa.

Tabela 3 - Classificação detalhada dos componentes palinológicos individuais para o Grupo dos Palinomorfos proposta por Tyson (1995), Vincent (1995), Mendonça Filho (1999) e Mendonça Filho et al. (2002, 2010, 2011a, 2012, 2014, 2016).

SUBGRUPO		DESCRIÇÃO
Esporomorfos	Esporos	Palinomorfos terrestres produzidos por Pteridófitas, Briófitas e Fungos.
	Grãos de Pólen	Palinomorfos terrestres produzidos por Gimnospérmicas e Angiospérmicas.
Microplâncton de água doce	<i>Botryococcus</i>	Chlorophyta (Chlorococcales)
	<i>Pediastrum</i>	
	<i>Scenedesmus</i>	
	Zygnemataceae	Chlorophyta (Zygnematales)
	<i>Gloeocapsomorpha</i>	Alga verde (?) Alga verde-Azul (?)
Microplâncton marinho	Cistos de Dinoflagelados	Restos de cistos produzidos durante a fase sexual do ciclo de vida do dinoflagelado
	Prasinófitas	Microfósseis produzidos por pequenas algas quadriflageladas (fase móvel)
	Acritarcas	Cistos fossilizados unicelulares de paredes orgânicas. Não apresentam nenhuma classificação taxonómica formal
Zoomorfos	Palinoforaminíferos	São forros derivados de certos foraminíferos bentónicos marinhos
	Cutículas de ostracodes	Cutícula quitinosa do revestimento das conchas ostracodes.
	Escolecodontes	Elementos da mandíbula de vermes anelídeos poliquetas bentónicos
	Quitinozoários	Vesículas em forma de frascos ou de pequenas garrafas ocas (30 a 2000 µm). Afinidade incerta
	Hidrozoários	Formas polipóides dos Cnidários (Filo Cnidaria, Classe Hidrozoa, Ordem Hidróide)
		Formas coloniais de hidróides (Filo Cnidaria, Classe Hidrozoa, Ordem Hidróide) Formas medusóides dos Cnidários (Filo Cnidaria, Classe Hidrozoa, Ordem Hidróide ou Classe Scyphozoa)
Zooclastos	Zooclastos são partículas orgânicas desconhecidas, estruturadas; são partículas fragmentadas (clastos), contorno quebrado angular, obviamente não é de toda uma entidade discreta (espinhas, fendas, fios, articulações, etc). Aas partículas identificáveis como os fragmentos de palinomorfos zoomorfos não podem ser classificados como Zooclastos. As variedades mais comuns de Zooclastos incluem os detritos do exosqueleto dos artrópodes, o revestimento orgânico de algumas conchas de bivalves e ostracodes.	

## **Capítulo II**

# **Enquadramento Geográfico e Geológico**



### 3. Enquadramento geográfico e geológico

#### 3.1. Enquadramento geográfico

A sondagem com a designação Gaiteiros-1 (Ga-1), selecionada para o presente estudo, foi realizada na zona sul do concelho de Alcobaça (Fig. 1). Esta sondagem foi perfurada no setor central da Bacia Lusitânica (BL).

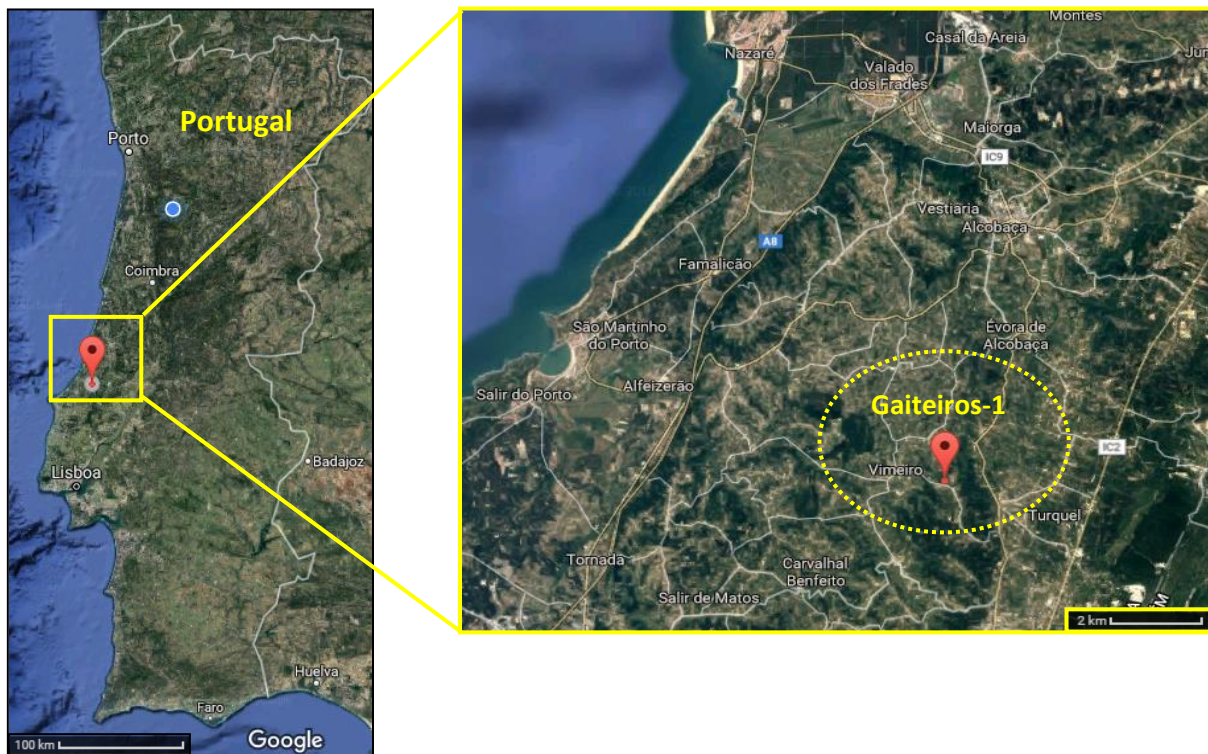


Figura 1 – Localização geográfica da sondagem Gaiteiros-1 (Extraída de: Google Earth).

#### 3.2. Enquadramento Geológico

##### 3.2.1. Bacia Lusitânica

A Bacia Lusitânica é uma bacia sedimentar de idade Mesozóica, que se situa no bordo ocidental da Península Ibérica (Fig. 2). A sua dinâmica enquadra-se no contexto da fragmentação da Pangeia, que conseqüentemente deu origem a diferentes fases de extensão, levantamento, subsidência e inversão, o que levou ao desencadeamento da abertura do oceano Atlântico Norte e o encerramento do oceano Tétis. É caracterizada como uma bacia distensiva, pertencente a uma margem continental do tipo atlântico de *rift* não vulcânica (Kullberg et al., 2013).

A Bacia Lusitânica (Fig. 2) é considerada a maior bacia portuguesa, possuindo uma área de cerca de 20 000 km<sup>2</sup>, estendendo-se por 200 km com uma direção aproximada NNW-

SSE e na direção perpendicular por mais de 100 km. Uma grande parte desta bacia aflora na área continental e encontra-se emersa (cerca de 2/3 da mesma), enquanto a restante área está imersa na plataforma continental (Kullberg et al., 2013).

De acordo com Kullberg et al. (2013), a Bacia encontra-se dividida em três setores atendendo às diferentes características litológicas e sedimentares:

- Setentrional: este setor é limitado a sul pela falha de Nazaré. Possui uma grande espessura de sedimentos depositados durante o Jurássico Inferior-Médio e o Cretácico Superior–Paleogénico;
- Central: está situado entre as falhas de Nazaré (a norte) e de Torres Vedras – Montejuento – Arrife (a sul);
- Meridional: é limitado a norte pelas falhas de Torre Vedras – Montejuento – Arrife e é marcado por uma sedimentação determinante do Jurássico Superior–Cretácico Inferior;

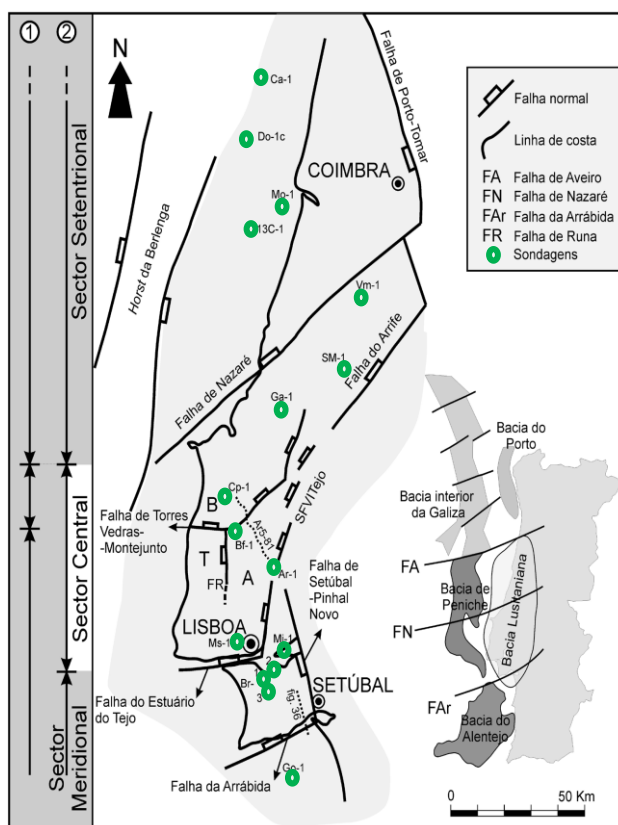


Figura 2 - Enquadramento geográfico e tectónico da Bacia Lusitânica. Ilustração dos setores. Sondagens: Ca -Carapau, Do - Dourada, Mo - Moreia, Vm - Vermoil, Sm - S. Mamede, Ga - Gaiteiros, Cp - Campelos, Ar - Arruda, Ms - Monsanto, Br - Barreiro, Go - Golfinho (modificado de Kullberg et al., 2013).

A sedimentação na BL teve início no Triásico Superior terminando no Cretácico Superior, sendo que a maioria dos sedimentos apresentam idade jurássica (Pinheiro et al.,

1996). Os depósitos presentes na BL encontram-se agrupados em ciclos deposicionais que refletem a sua evolução tectono-sedimentar em regime polifásico. No primeiro ciclo deposicional (Triásico Superior - Caloviano) a BL foi estruturada por um conjunto de relevos marginais a ocidente, nomeadamente grabens e semi-grabens que foram criados por reativação de falhas hercínicas. Aqui depositaram-se sedimentos fluviais siliciclásticos, erodidos a partir de relevos localizados a oriente, estando materializados por uma grande variabilidade em termos de espessura, por consequência da configuração estabelecida pelos grabens e semi-grabens (Palain, 1976; Azerêdo et al., 2003). No setor oriental, a sedimentação fortemente clástica foi sucedida por uma fácies dolomítica e arenítica (Hetangiano) que representam os primeiros depósitos marinhos na BL (Soares et al., 1993; Azerêdo et al., 2003). No setor ocidental esses depósitos são substituídos por depósitos de natureza argilo-evaporítica, que representam em afloramento, a base do Mesozóico no setor ocidental e sul da BL (Azerêdo et al., 2003). Estratigraficamente acima dos depósitos evaporíticos ocorreu uma gradual evolução do sistema sedimentar para um ambiente marinho, tendo-se depositado os primeiros depósitos carbonatados a partir do Sinemuriano (Azerêdo et al., 2003; Azerêdo, 2007). Com esta estruturação, depositaram-se, maioritariamente no setor oriental sedimentos dolomíticos durante o Sinemuriano Inferior e sedimentos calcários no Sinemuriano Superior. No entanto, em alguns locais do setor ocidental (mais influenciados pela incursão marinha) ocorria uma sedimentação marinha mais profunda, essencialmente margo-calcária (Duarte & Soares 2002; Duarte et al., 2010b). Ao longo do Jurássico Inferior afirmou-se o ambiente deposicional marinho com a formação de uma rampa carbonata (Duarte, 2007), tendo-se depositado espessas unidades margo-calcárias, que se estenderam a toda a BL (Duarte, 1997; Duarte & Soares, 2002; Duarte et al., 2010).

A partir do Jurássico Médio (principalmente no Bajociano) o sistema deposicional revela uma tendência regressiva relativa na bacia (Azerêdo et al., 2003). No final do Jurássico Médio estabeleceu-se uma tendência transgressiva cuja fácies coincidem com uma subida eustática do nível do mar no início do Caloviano (Azerêdo et al., 2003). Ao longo do Caloviano estabeleceram-se condições regressivas que se estenderam até à base do Jurássico Superior e assinalam um hiato à escala da bacia. Corresponde a uma descontinuidade associada a uma lacuna estratigráfica que afeta o fim do Caloviano e o Oxfordiano Inferior (Azerêdo et al., 2002; 2003). Este evento marca o topo do 1º ciclo deposicional da BL (Wilson 1988; Wilson et al., 1989). No contexto tectono-sedimentar da BL encontram-se definidos outros ciclos deposicionais entre o Jurássico Superior e o Cretácico (p.ex., Wilson, 1988; Wilson et al., 1989).

### 3.2.2. “Fácies de Candeeiros” na sondagem Gaiteiros-1

De acordo com o relatório de sondagem elaborado pela Teredo Petroleum PLC, a “Fácies de Candeeiros” (Jurássico Médio: Batoniano - Caloviano??) (Fig. 3) é constituída predominantemente por calcários intercalados por alguns níveis de dolomite e calcários dolomíticos, ocorrendo ocasionalmente camadas de argilitos (*shale*) muito finas. Os calcários são brancos a esbranquiçados com textura micrítica, ocasionalmente oolíticos. Frequente gradação de dolomitos para calcários dolomíticos. Os dolomitos são castanhos, sacaróides intercrystalinos apresentando, ocasionalmente, porosidade. Camadas muito finas de argilitos (*shale*) foram observadas apresentando cor cinzento-escuro a negra, calcários, carbonosos e gradação de calcários argilosos para carbonosos. Registada a presença de óleo pesado muito pobre, de cor castanho-escuro em dolomitos sacaróides de baixa porosidade.

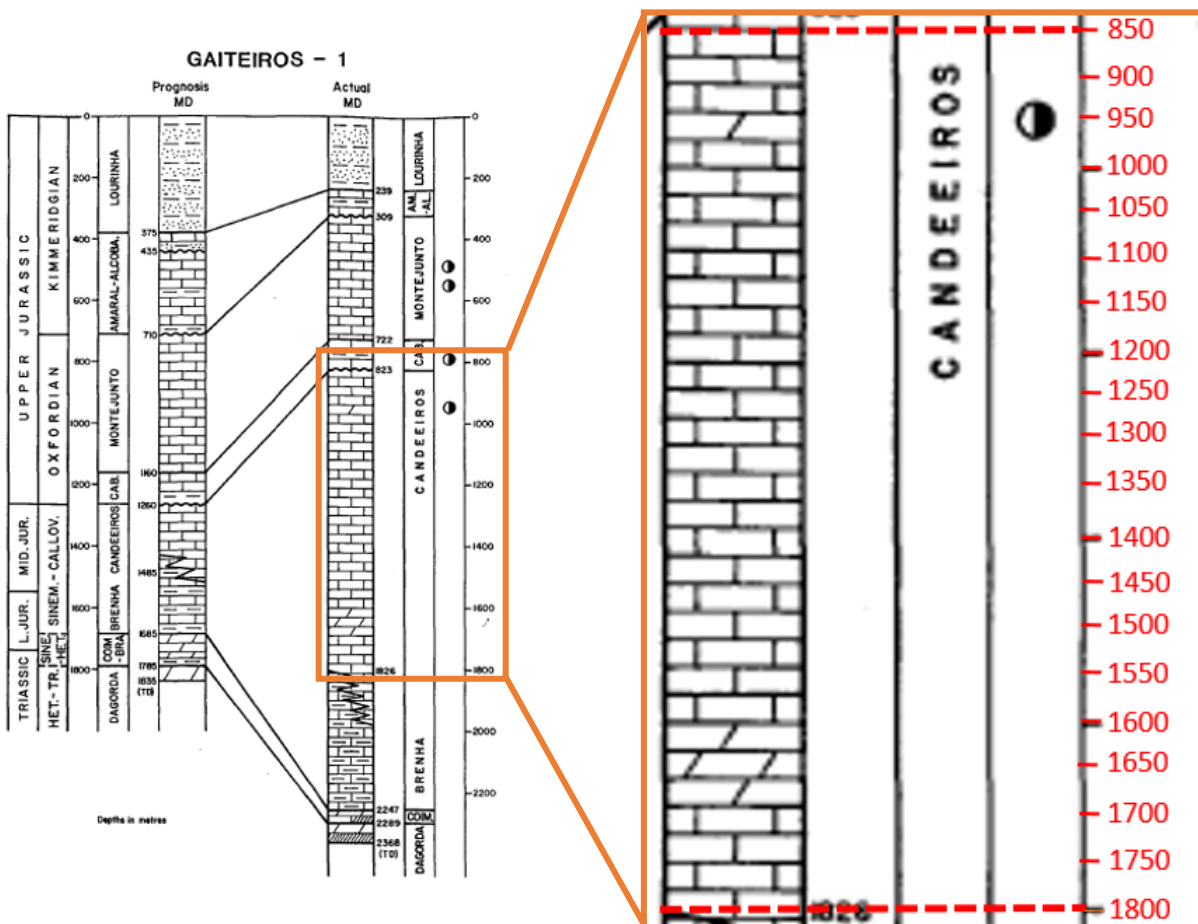


Figura 3 - Litologia e estratigrafia da Sondagem Gaiteiros 1 (modificado do relatório de sondagem, Teredo Petroleum PLC).  
Nota: A vermelho está representado as amostras que foram estudadas colhidas de 50 em 50 metros.

## **Capítulo III**

### **Material e Métodos**



## **4. Amostras e metodologia**

### **4.1. Seleção das amostras**

A sondagem Gaiteiros-1 perfurada no setor central da Bacia Lusitânica, atingiu uma profundidade total de 2368 metros, atravessa litologias que compreende todo o Jurássico. De acordo com o relatório de sondagem, elaborado pela Teredo Petroleum PLC, as formações atravessadas foram as seguintes (base para o topo): Dagorda, Coimbra, Brenha, Candeeiros, Cabaços, Montejunto, Amaral-Alcobaça e Lourinhã.

Para o presente trabalho foram selecionadas 20 amostras pertencentes a uma sucessão carbonatada denominada “Fácies de Candeeiros”. As amostras foram recolhidas de 50 em 50 m (Fig. 3), desde os 850 m até aos 1800 m de profundidade.

### **4.2. Metodologias**

A determinação do carbono orgânico total (COT), do enxofre total (St) e do resíduo insolúvel (RI), bem como a preparação das lâminas palinológicas foi efetuada no Laboratório de Palinofácies & Fácies Orgânica do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Brasil). A preparação de superfícies polidas e a análise microscópica tanto de palinofácies como de petrografia orgânica foram realizadas nos laboratórios do Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território (DGAOT) da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

#### **4.2.1. Geoquímica orgânica**

Numa primeira fase, 9 amostras são fragmentadas de modo a obter sedimentos com, aproximadamente, 2 mm e colocadas numa estufa, à temperatura de 50°C, durante dois dias. Após serem retiradas da estufa, pulveriza-se cerca de 1 grama de amostra num almofariz de ágata. Posteriormente procede-se à eliminação dos carbonatos (descarbonatação), através do seguinte procedimento:

- Pesar 0,26 g de amostra, anteriormente pulverizada, num porta-amostras de porcelana filtrante (de massa conhecida). Após a pesagem, acidificar as amostras com HCl 1:1, a frio, deixando atuar durante 24 horas;
- Lavar as amostras com água destilada quente durante uma hora de modo a eliminar os cloretos. De seguida, lavar novamente as amostras com água à temperatura

ambiente até o pH estabilizar (mais ou menos 6). No fim deste processo, escoar o excesso de água;

- Colocar as amostras na estufa, a 65°C, durante cerca de 3 horas. Depois de estarem completamente secas, pesam-se novamente os porta-amostras.

O passo seguinte consiste em introduzir os porta-amostras num analisador LECO® SC144, sendo submetidas a combustão, introduzindo no programa do equipamento a massa inicial (massa da amostra antes da acidificação). No final do processo, obtém-se o registo das concentrações dos gases carbono (CO<sub>2</sub>) e enxofre (SO<sub>2</sub>) relativo à amostra, em percentagem de massa. O COT e o St foram quantificados em simultâneo no analisador. Todas as análises foram efetuadas em duplicado com uma exatidão de 99%.

O valor do resíduo insolúvel (RI), que corresponde à fração da amostra que não foi eliminada pelo tratamento ácido (presumindo-se que a eliminação dos carbonatos foi total durante a acidificação) é obtido através da seguinte equação:

$$RI = (MI/MA) \times 100$$

MI – massa do insolúvel (massa da amostra descarbonatada);

MA – massa da amostra (massa inicial);

Posteriormente é adotada a relação entre teor CaCO<sub>3</sub> e o teor em RI de cada amostra, que é calculado pela seguinte equação:

$$CaCO_3 (\%) = 100 - RI$$

## 4.2.2. Palinofácies (luz transmitida)

### Preparação das lâminas organopalinológicas

A preparação das lâminas organopalinológicas foi realizada segundo os procedimentos não oxidativos para a separação de MO propostos por Mendonça Filho et al. (2012) e Tyson (1995), que se descreve de seguida:

- 1) Tratar previamente as amostras com solvente orgânico (diclorometano) para remover os fluídos de perfuração;

- 2) Colocar, aproximadamente 25 g de sedimento num gobelé (600 ml);

- 3) Adicionar ácido clorídrico (HCl) a 37%, até cobrir a amostra, durante 18 horas para remover a fração carbonatada. Após o tempo referido, neutralizar a amostra com água filtrada;

- 4) Acidificar com ácido fluorídrico (HF) a 40%, durante 24 horas para remover a fração silicatada. Após o referido tempo, neutralizar a amostra com água filtrada;
- 5) Para eliminar os possíveis fluorsilicatos formados nas etapas anteriores, adicionar HCl por 3 horas. Neutralizar a amostra com água filtrada;
- 6) Transferir a amostra para um tubo de centrífuga (50 ml);
- 7) Para eliminar o remanescente da fração inorgânica, completa-se o tubo com cloreto de zinco ( $ZnCl_2$ ), com densidade entre 1,9 e 2 g/cm<sup>3</sup>, permanecendo em repouso durante, aproximadamente, 12 horas;
- 8) Após a separação do resíduo orgânico (sobrenadante), passa-se a MO isolada para outro tubo de centrifugação e procedeu-se à remoção do  $ZnCl_2$ . Para o efeito, adicionar 3 gotas de HCl, agitar a solução e centrifugar durante 3 minutos a 1500 rpm. Eliminar o material flutuante;
- 9) Iniciar a neutralização da amostra. Completar o tubo de centrifugação com água destilada e colocar na centrifugadora (3 minutos a 1500 rpm). Repetir até obter um pH próximo de 7;
- 10) Terminada a etapa de neutralização, transferir o resíduo orgânico para um frasco com tampa, devidamente identificado;
- 11) A preparação das lâminas organopalinológicas faz-se numa placa de aquecimento, a 50°C, utilizando-se duas lamelas (24x24 mm) e uma lâmina de vidro (24x76 mm), devidamente identificada;
- 12) Colocar as lamelas sobre uma placa de aquecimento;
- 13) Colocar sobre uma das lamelas uma gota de resíduo orgânico não peneirado e na outra uma gota de resíduo orgânico peneirado (malha de poliéster de 10 µm) juntamente com algumas gotas de água destilada e de goma de acácia para ajudar a distribuir o material por toda a lamela. Deixar secar;
- 14) Após a secagem, colocar 3 gotas de *Entellan-Merck* (resina à base de xileno) na lâmina e colocar as duas lamelas. Após a secagem da lâmina com as lamelas sobrepostas, faz-se a sua limpeza para eliminar o excesso de resíduo das bordas.

### Observação microscópica

Para a análise de palinofácies foi utilizado um microscópio LEICA DM2500P equipado com o programa *Diskus* que permite a recolha de imagens.

Durante esta análise foi realizada a identificação e descrição geral dos componentes palinológicos (fitoclastos, amorfa e palinomorfos) presentes nas lâminas organopalinológicas. Teve-se em conta o tamanho, forma e estado de preservação da MO. De seguida, procedeu-se à contagem dos componentes palinológicos individuais (contagem

de 300 a 500 partículas), percorrendo a lâmina através de seções transversais verticais utilizando os fios de retículo como guia. Para a contagem das lâminas foi usada uma ocular de 10x e uma objetiva 20x, contabilizando somente as partículas que se encontram posicionadas nos fios de retículo. A contagem obedeceu à classificação dos grupos e subgrupos de MO proposta por Mendonça Filho et al. (2012, 2014, 2016) e Tyson (1995). Todas as partículas são contabilizadas e registadas exceto aquelas que apresentem um tamanho inferior a 10 µm (no caso dos fitoclastos, MOA e qualquer partícula contaminante). Para a contagem dos palinomorfos e os seus subgrupos são contabilizados independentemente do seu tamanho, desde que apresentem pelo menos metade da sua forma e tamanho original (Mendonça Filho et al., 2011a, 2012, 2014).

Os dados obtidos foram recalculados para valores percentuais.

### **4.2.3. Petrografia orgânica (luz refletida)**

#### Preparação das superfícies polidas

A preparação das amostras para a análise de petrografia orgânica foi efetuada no Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

A metodologia de preparação corresponde a uma adaptação do método descrito na norma ASTM D2797-11 que é descrita em seguida.

- 1) Retirar uma porção de amostra para um almofariz de ágata (Fig. 4a);
- 2) Moer parcialmente a porção da amostra até ficar com uma granulometria homogénea. Na mudança de uma amostra para a outra, limpar bem o almofariz e o pilão com álcool para não contaminar as amostras seguintes;
- 3) Colocar a amostra num molde (identificados com o nome da amostra), preenchendo até cerca de  $\frac{3}{4}$ ;

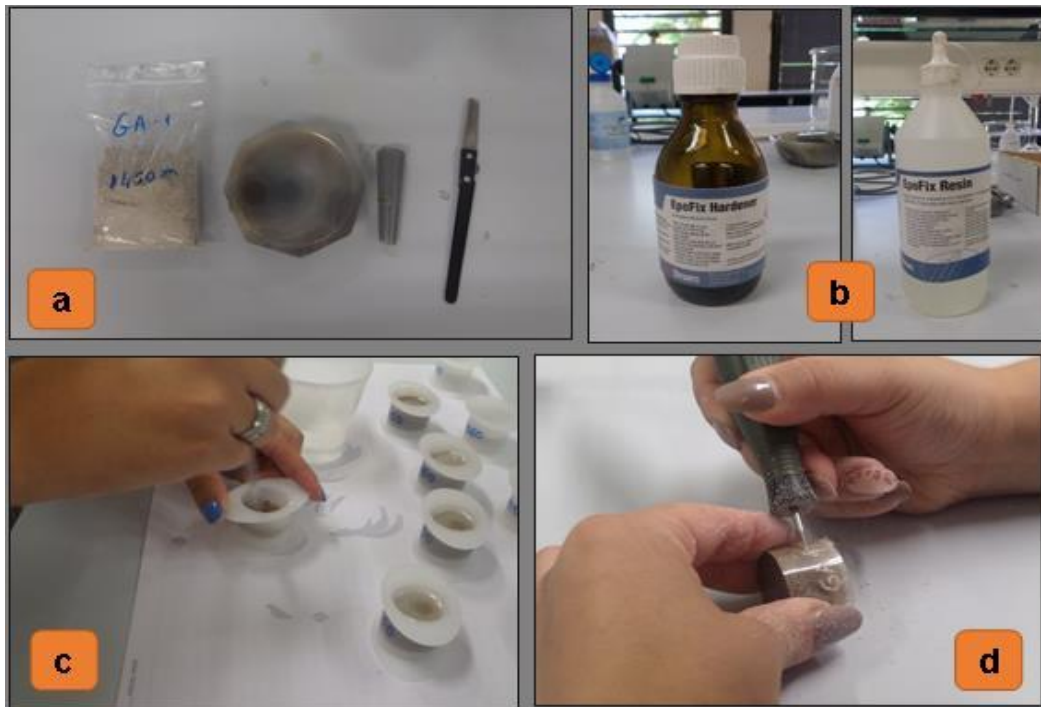


Figura 4 – Fases e materiais usados para a elaboração das amostras para a análise de petrografia orgânica. (a) Almofariz de ágata para moer a amostra; (b) Resina (*Epofix*) e endurecedor (*Epofix hardene*); (c) Processo de mistura das amostras com a resina e o endurecedor; (d) Identificação das amostras.

- 4) Misturar a amostra com uma solução de resina (*Epofix*) e endurecedor (*Epofix hardene*) previamente preparada (25 g resina para 3 g endurecedor) (Fig. 4b);
- 5) Misturar com uma vareta de vidro até ficar bem homogeneizado, raspando as paredes do molde para que não fique nenhum resíduo da amostra agarrado (Fig. 4c);
- 6) Deixar secar durante 24 horas;
- 7) Retirar as amostras dos moldes e identificá-las na própria resina com o auxílio de uma caneta perfuradora (Fig. 4d);

Posteriormente passa-se ao pré-polimento e polimento das superfícies polidas que decorre em 2 etapas:

1) Na primeira etapa, o pré-polimento (Fig. 5a), as amostras são polidas num prato giratório a 300 rotações/min, com um pequeno jato de água a incidir sobre o mesmo, obedecendo à seguinte sequência:

- a. Lixa 240 mesh (mais grosseira);
- b. Lixa 500 mesh;
- c. Lixa 1200 mesh;
- d. Lixa 4000 mesh (mais fina);

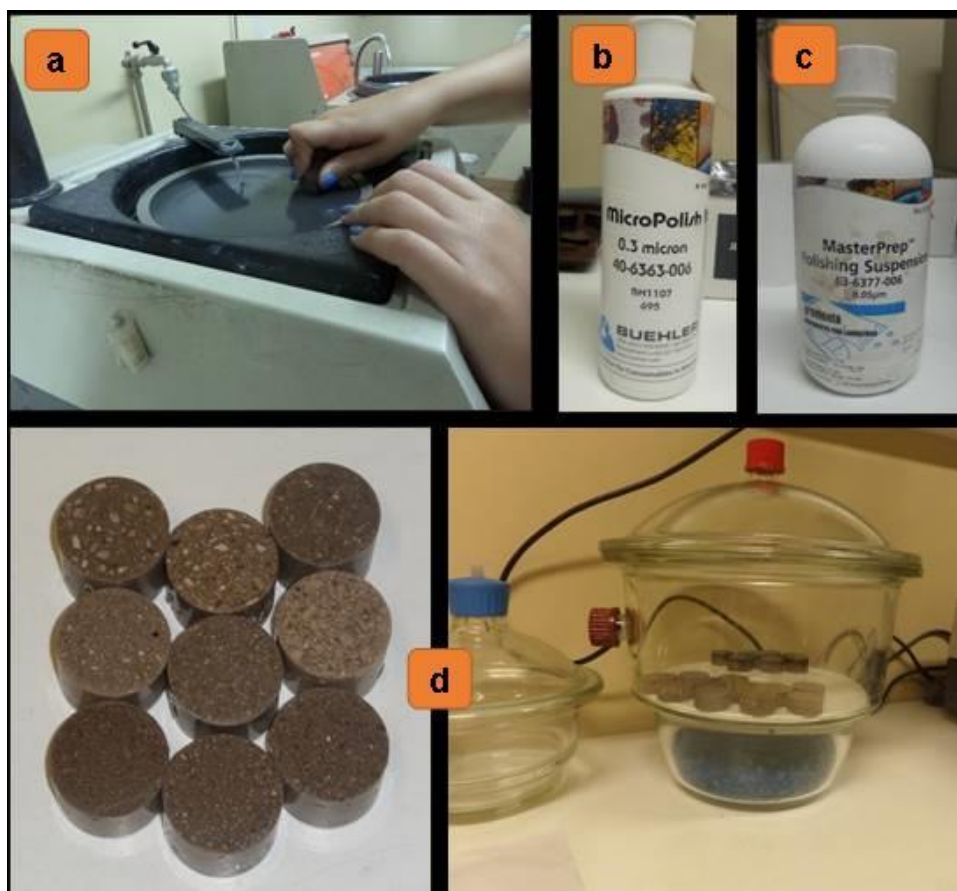


Figura 5 – Fases e materiais usados para o polimento das superfícies polidas. (a) Pré-polimento das amostras; (b) Suspensão de sílica a 0,3  $\mu\text{m}$ ; (c) Suspensão de sílica a 0,05  $\mu\text{m}$ ; (d) Amostras polidas e colocadas num exsiccador.

2) Numa segunda etapa, segue-se o polimento que se divide em duas fases:

- a. Na primeira fase utiliza-se um pano *Texmet* usando como abrasivo uma suspensão de sílica a 0,3  $\mu\text{m}$  (Fig. 5b);
- b. Para finalizar o polimento usa-se um pano *Mastertex* sendo o abrasivo uma suspensão de sílica a 0,05  $\mu\text{m}$  (Fig. 5c)

No fim deste procedimento, proceder à lavagem das superfícies com água e ar comprimido para retirar os restos do polimento e colocar num exsiccador durante 24 horas (Fig. 5d).

### Observação microscópica

Para a análise de petrografia orgânica em luz reflectida foi utilizado um microscópio LEICA DM4000 equipado com o programa *Diskus-Fossil*, que permitiu a recolha de imagens das amostras estudadas, como também a medição da reflectância da vitrinite e dos betumes sólidos. As análises foram efetuadas com uma ocular de 10x e objetiva de 50x em imersão em óleo.

O microscópio foi calibrado com o padrão ( $R_r = 0,905\%$ ), visto apresentar o valor mais próximo dos valores de %R<sub>r</sub> da vitrinite.

No decorrer desta análise foi feita a identificação e descrição das frações orgânica e mineral, com o auxílio da luz branca refletida e a luz azul incidente e também foi realizada a medição do %R<sub>r</sub> da vitrinite e de betumes sólidos seguindo os procedimentos descritos na norma ASTM D7708-14. A MO dispersa foi classificada de acordo com a classificação ICCP-TSOP, sendo usada a nomenclatura do ICCP para os constituintes orgânicos (ICCP 1998, 2001; Pickel et al., 2015).







## **Capítulo IV**

### **Resultados**



## 5. Resultados

### 5.1. Geoquímica orgânica

A Tabela 4 apresenta os teores de Carbono Orgânico Total (COT), de Enxofre total (St) e de Resíduo Insolúvel (RI) bem como a razão COT/St, determinados para todas as amostras da “Fácies de Candeeiros”.

Tabela 4 - Dados de geoquímica das amostras estudadas.

Profundidade (m)	COT (%)	St (%)	RI (%)	COT/St
850 <sup>†</sup>	0,13	0,06	<1	2,2
900	0,18	0,03	<1	6,0
950*	0,13	0,02	<1	6,5
1000*	0,20	0,02	<1	10,0
1050	0,22	0,05	1	4,4
1100*	0,18	0,02	<1	9,0
1150	0,21	0,03	<1	7,0
1200*	0,15	0,02	<1	7,5
1250	0,17	0,02	<1	8,5
1300*	0,11	0,01	<1	11,0
1350	0,10	0,01	<1	10,0
1400*	0,10	0,02	1	5,0
1450	0,18	0,03	1	6,0
1500*	0,25	0,05	1	5,0
1550	0,18	0,05	1	3,6
1600*	0,16	0,05	1	3,2
1650	0,14	0,01	<1	14,0
1700*	0,12	0,01	<1	12,0
1750	0,11	0,01	<1	11,0
1800*	0,12	0,02	<1	6,0

\* Dados de Pereira (2014).

Pela análise da Tabela 4 verifica-se que os valores obtidos são semelhantes para quase todas as amostras estudadas. Os valores de COT (Tab. 4) são muito baixos variando entre 0,10% a 0,25%, com valor médio de 0,16%. Os teores de St apresentam valores que vão desde 0,01% a 0,06%, com um valor médio de 0,03% (Tab. 4). No que diz respeito ao RI verifica-se que todas as amostras apresentam valores iguais ou inferiores a 1 (Tab. 4). A razão COT/St apresenta valores sempre superiores a 3 (exceto na amostra 850m).

## 5.2. Palinofácies

A análise quantitativa das amostras selecionadas para este estudo mostra uma constituição palinológica muito idêntica (Tab. 5). O grupo da Amorfa prevalece em todas as amostras, apresentando um valor médio de 89,9%. O grupo dos Fitoclastos (5,1%) e o grupo dos Palinomorfos (5,0%) possuem valores percentuais residuais.

Tabela 5 – Percentagens relativas dos diferentes grupos de cerogénio presentes nas amostras estudadas.

Profundidade (m)	Fitoclastos		Amorfa			Palinomorfos		
	Opacos	Não Opacos	Fito +resina	Zooclasto	Hidrozo	Esporo +Microp	Hidrozo +Zoom	Zooclastos
850*								
900	4,00	4,67	5,33	55,67	22,67	4,00	3,67	
950	4,98	1,33	1,66	69,44	17,94	1,66	2,99	
1000	3,82	2,23	1,27	73,57	10,19	7,32	0,64	0,96
1050*								
1100	0,95	1,58		83,86	8,54	3,48	1,58	
1150	2,23	1,59		79,94	10,19	2,87	3,18	
1200	0,00	2,42		95,77	0,60	1,21		
1250	6,37	5,41	1,59	70,06	5,10	9,87	1,59	
1300	0,97	0,32	0,65	97,42	0,32	0,00	0,32	
1350*								
1400*								
1450*								
1500	0,58	2,34		95,32	0,29	0,88	0,58	
1550	3,11	2,17	0,31	85,09	1,55	1,55	6,21	
1600*								
1650	1,87	0,93		91,59	0,93	1,87	2,80	
1700	0,61	2,43		94,53	0,00	1,22	1,22	
1750	5,45	3,03		86,97	0,00	3,03	1,52	
1800	3,32	2,11		89,12	0,00	1,51	3,93	

Nota: Fito - Fitoclastos; Esporo - Esporomorfos; Microp – Microplâncton (água doce e marinho); Hidroz – Hidrozoários; Zoom – Zoomorfos; (\*) Amostras cujas contagens não atingiram as 300 partículas.

No grupo dos Fitoclastos foi possível distinguir os dois subgrupos (Tab. 5), fitoclastos opacos (FO) e fitoclastos não opacos (FNO). No que diz respeito aos FO, foram observados todos os tipos (corroídos, alongados e equidimensionais). Relativamente aos FNO foi possível observar tanto fitoclastos não bioestruturados como bioestruturados (estriados, listrados, bandados e perfurados). No grupo da Amorfa (Fig. 6 A-D) foram identificados 4 tipos de matéria orgânica amorfa (MOA), a “MOA” derivada de fitoplâncton, MOA de fitoclasto, MOA de

zooclasto e MOA de hidrozoário. Relativamente ao grupo dos Palinómorfos foi possível observar predominantemente esporómorfos (esporos e grãos de pólen) e uma quantidade residual de micropâncton marinho (somente dinocistos). Além disso foram também observados zoomorfos, nomeadamente palinoforaminíferos. No grupo dos zooclastos foram identificadas outras partículas de origem animal, desconhecendo-se a sua origem. Por fim, o último grupo observado pertence aos hidrozoários (Fig. 6 E-F), onde se observaram estruturas de medusas, pólipos, tentáculos e alguns dos seus fragmentos.

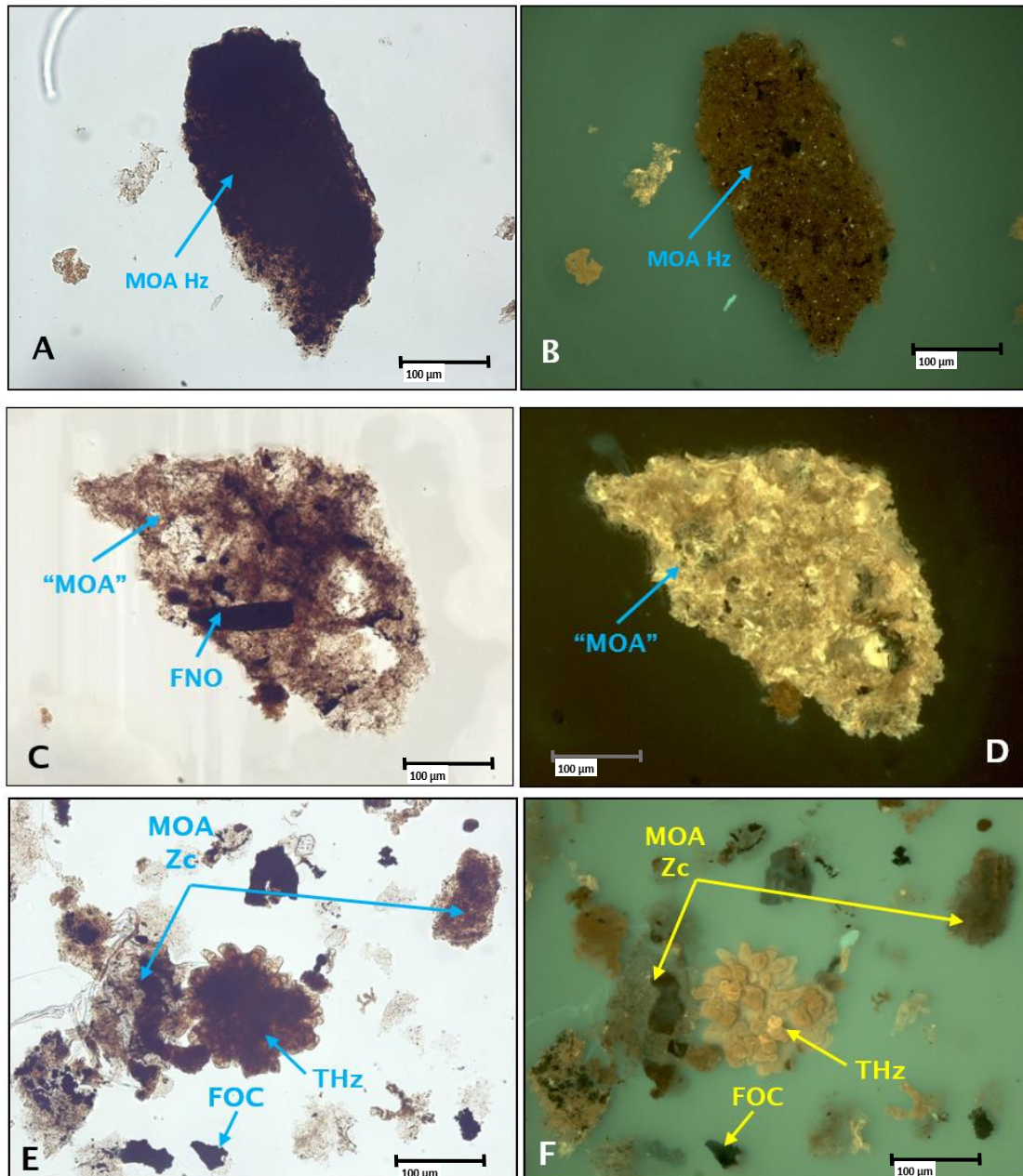


Figura 6 - Fotomicrografias da MO dispersa em LB (A, C e E) e LF (B, D e F). A-B (am. 850m): MOA de hidrozoário (MOA Hz); C-D (am. 1400m): MOA derivada de fitoplâncton ("MOA") e fitoclasto não opaco (FNO); E-F (am. 900m): MOA de zooclasto (MOA Zc), tentáculos de hidrozoários (THz) e fitoclasto opaco corroído (FOC).

### 5.2.1. Grupo dos Fitoclastos

Como referido anteriormente, os fitoclastos presentes nas amostras estudadas apresentam um valor residual (valor médio de 5%, aproximadamente). Fitoclastos opacos e não opacos estão presentes nas amostras da “Fácies de Candeeiros” em percentagens muito semelhantes.

Os FO ocorrem sob a forma de corróidos, equidimensionais e alongados (Fig. 7 A-C). Os FNO dividem-se em não opaco bioestruturado (FNOB) e não opaco não bioestruturado (FNONB). Os FNOB (Fig. 7 D-F) apresentam-se sob a forma de listrados, estriados, bandados e perfurados degradados com predomínio dos bandados. Apresentam cor acastanhada (em LB). Os FNONB ocorrem degradados, com cor castanha em luz branca (LB), com contornos irregulares. Membranas e cutículas também foram observadas.

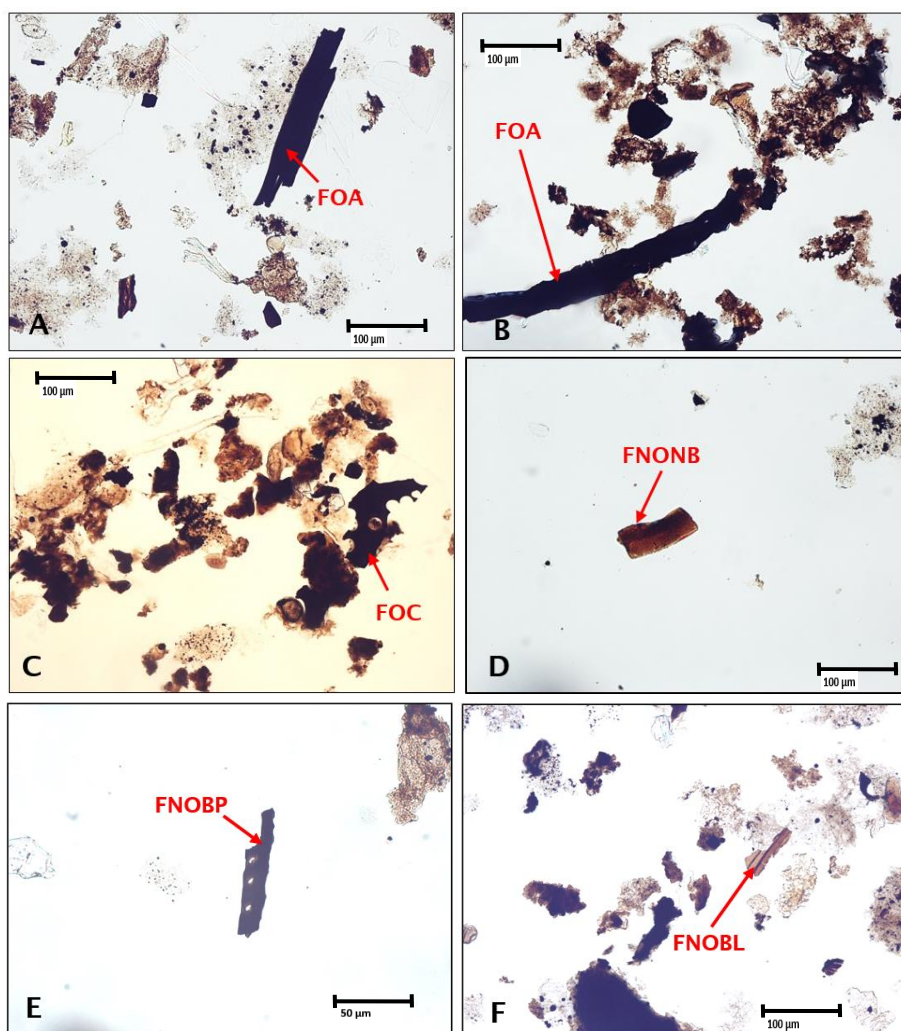


Figura 7 - Fotomicrografias da MO dispersa em LB (A, B, C, D, E e F). A (am. 900m) e B (am. 1500m): Fitoclasto opaco alongado (FOA); C (am. 1000m): Fitoclasto opaco corróido (FOC); D (am. 900m): Fitoclasto não opaco não bioestruturado (FNONB); E (am. 850m): Fitoclasto não opaco bioestruturado perfurado (FNOBP); F (am. 900m): Fitoclasto não opaco bioestruturado listrado (FNOBL).

As hifas de fungos são filamentos de células que no conjunto formam uma rede designada de micélio. Estes filamentos possuem cor castanha e fazem parte da fase vegetativa dos fungos (Fig. 8 A-B). Estas partículas não são contabilizadas, uma vez que a maioria delas são atuais e desenvolvem-se durante o armazenamento do resíduo ou até mesmo da própria lâmina.

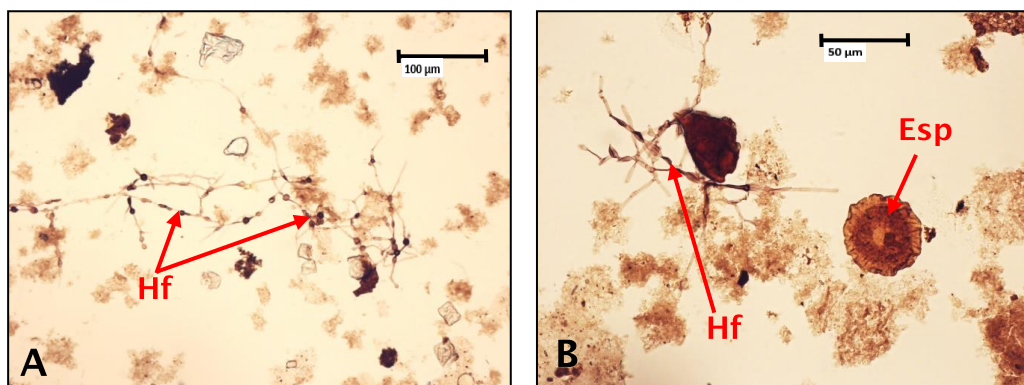


Figura 8 - Fotomicrografias de MO dispersa em LB (A e B). A (am. 1100m): Hifas de fungos (Hf); B (am. 1100m): Hifas de fungos (Hf) e esporo (Esp).

### 5.2.2. Grupo Amorfa

Grupo de matéria orgânica particulada mais abundante nas amostras estudadas correspondendo (em média) a 90% da MO observada. Como referido anteriormente, a Amorfa consiste em partículas que não possuem qualquer estrutura ou forma aparente. Geralmente são derivadas da atividade microbiológica do fitoplâncton ou da atividade bacteriana (Mendonça Filho et al., 2014; Tyson, 1995).

Neste trabalho, atendendo às características das amostras, foi necessário definir mais duas categorias de Amorfa (MOA de zooclasto e MOA de hidrozoário) além das que fazem parte da classificação proposta por Mendonça Filho (1999), Mendonça Filho et al. (2002, 2010, 2011a, 2012, 2014), Tyson (1995) e Vincent (1995).

A “MOA” derivada de fitoplâncton (Fig. 9 A-B) é um material não estruturado, com ausência de morfologia ou forma. Geralmente apresenta aspeto heterogéneo e contornos muito difusos. A principal característica que a distingue das demais é geralmente apresentar inclusões de pirite e de alguns fitoclastos e palinomorfos. Possui cor normalmente castanha em LB e em LF.

A MOA de zooclasto (Fig. 9 C-D) é o tipo de amorfa mais abundante nas amostras estudadas, representando, aproximadamente, 85% (em média) das partículas orgânicas observadas. Apresenta normalmente aspeto homogéneo, com contornos não definidos e

irregulares. Exibe cor castanha a castanha-escura, em LB e, geralmente, em LF possui cor castanha podendo, por vezes, exibir fluorescência com cor amarela.

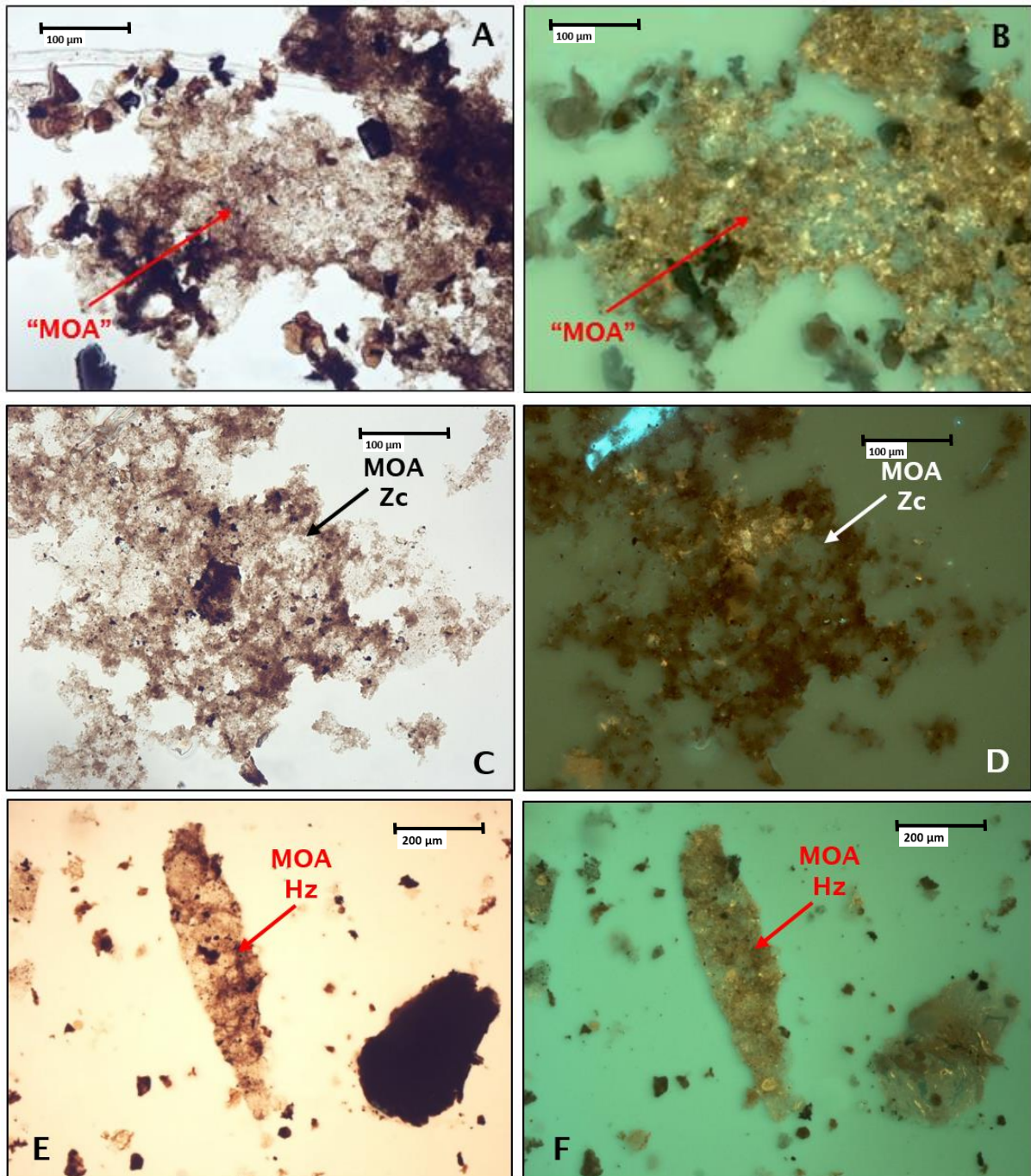


Figura 9 - Fotomicrografias de MO dispersa em LB (A, C e E) e LF (B, D e F). A-B (am. 1250m): MOA derivada de fitoplâncton ("MOA"); C-D (am. 1200m): MOA de zooclasto (MOA Zc); E-F (am. 950m): MOA de hidrozoário (MOA Hz).

A MOA de hidrozoário (Fig. 9 E-F) apresenta alguma forma e possui contornos mais ou menos definidos. No caso da Figura 9 E-F deverá corresponder a um pólip. A MOA de hidrozoários distingue-se pelo fato de apresentar uma forma semelhante à dos hidrozoários

(formas polipóides ou medusóides) no entanto já apresenta um elevado grau de amorfização. Tanto em LB como em LF exibe, usualmente, cor castanha.

Além dos diferentes tipos de MOA, também foi possível observar partículas de substância bacteriana extracelular polimérica (EPS). Apresenta contornos difusos, aspeto translúcido e fino, cor transparente acastanhada (exceto na am. 1700; Fig. 10 D) em LB, e exibe uma cor de fluorescência muito intensa.

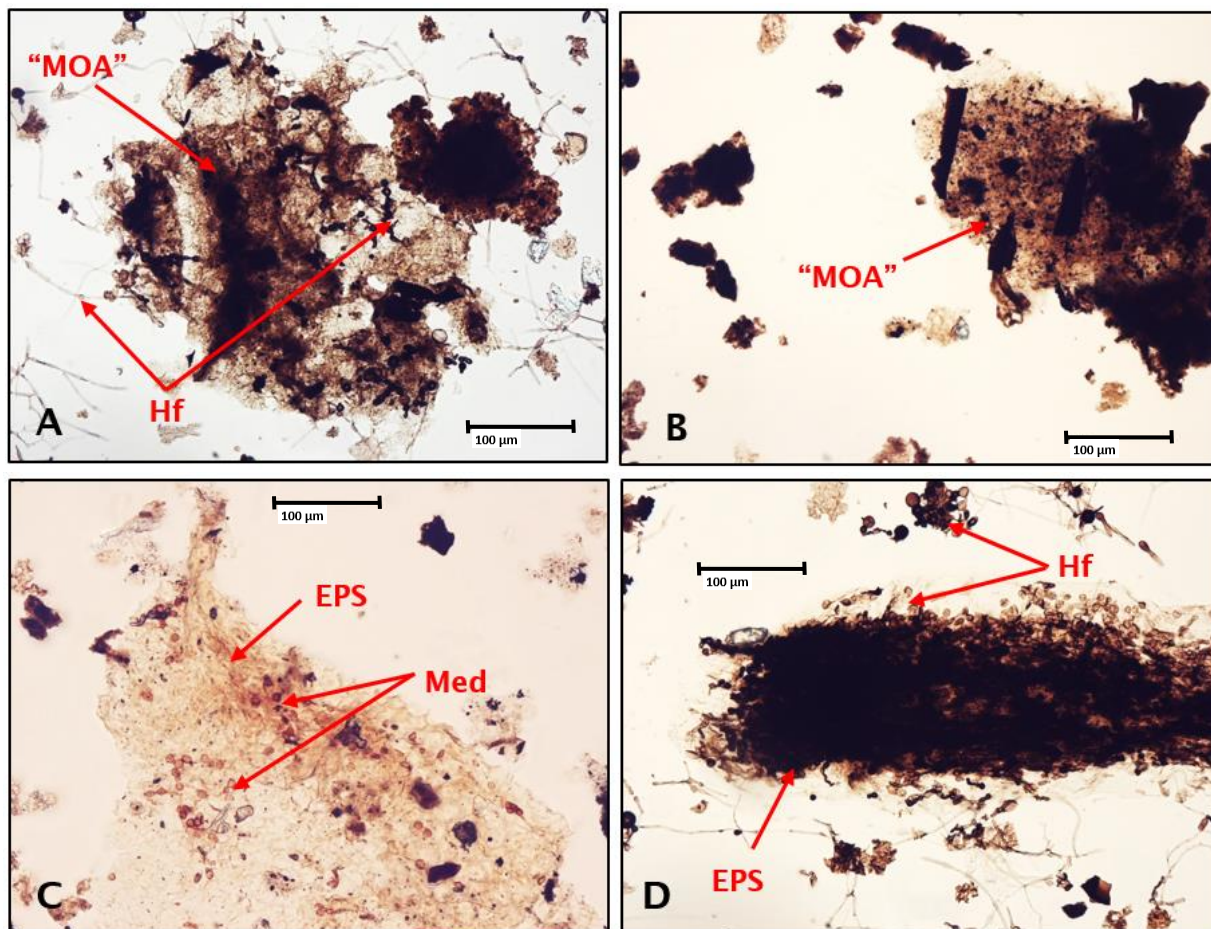


Figura 10 - Fotomicrografias de MO dispersa em LB (A, B, C e D). A (am. 1700m): MOA derivada de fitoplâncton ("MOA") e hifas de fungos (Hf); B (am. 1050m): MOA de fitoclasto (MOA Fi); C (am. 900m): Substância bacteriana extracelular polimérica (EPS) e possíveis medusas (Med); D (am. 1700m): Substância bacteriana extracelular polimérica (EPS) e hifas de fungos (Hf).

### 5.2.3. Grupo dos Palinomorfos

No que concerne ao grupo dos Palinomorfos foi possível distinguir tanto palinomorfos continentais (esporomorfos) como marinhos (microplâncton marinho e zoomorfos). Os esporomorfos observados subdividem-se em esporos (Fig. 11 A-B), por vezes ornamentados, com e sem trilete, e em grãos de pólen do género *Classopollis* (Fig. 11 C-D), apresentando ambos cor castanha em luz branca e cor amarela em luz azul incidente.

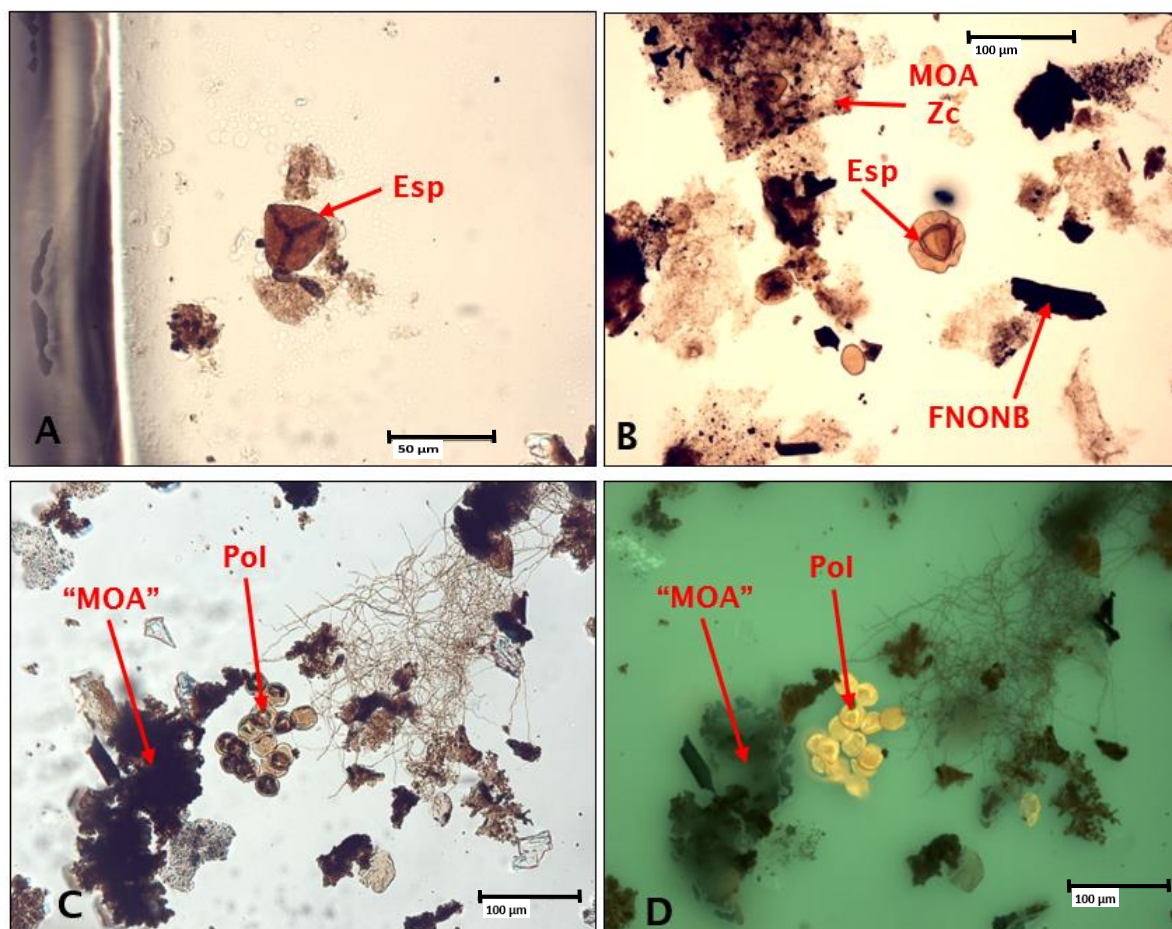


Figura 11 - Fotomicrografias de MO dispersa em LB (A, B e C) e LF (D). A (am. 1250m): Esporo (Esp); B (am. 1050m): Esporo (Esp), MOA de zooclasto (MOA Zc) e fitoclasto não opaco não bioestruturado (FNONB); C-D (am. 1150m): Políade (Pol) e MOA derivada de fitoplâncton ("MOA").

Cistos de dinoflagelados estão presentes nas amostras estudadas sendo os únicos representantes do microplâncton marinho nesta fácies. São translúcidos em luz branca e amarelos em luz azul incidente (Fig. 12 A-B).

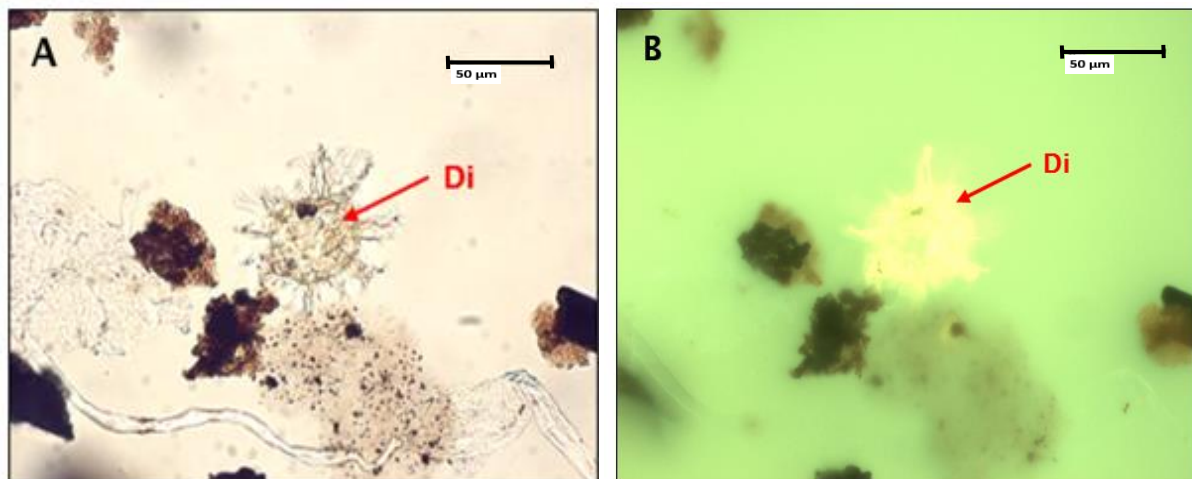


Figura 12 – Fotomicrografia de MO dispersa em LB (A) e em LF (B). A-B (am. 1750m): Dinocisto (Di).

Relativamente aos zoomorfos foram identificados palinoforaminíferos e hidrozoários (formas polipóides e medusóides). No que diz respeito aos palinoforaminíferos (Fig. 13) exibem contornos bem definidos podendo, em alguns casos, encontrarem-se degradados. Em LB apresentam cor castanha-alaranjada, verificando-se que as câmaras externas apresentam paredes mais finas e translúcidas. Em LF exibem pouca fluorescência, geralmente acastanhada.

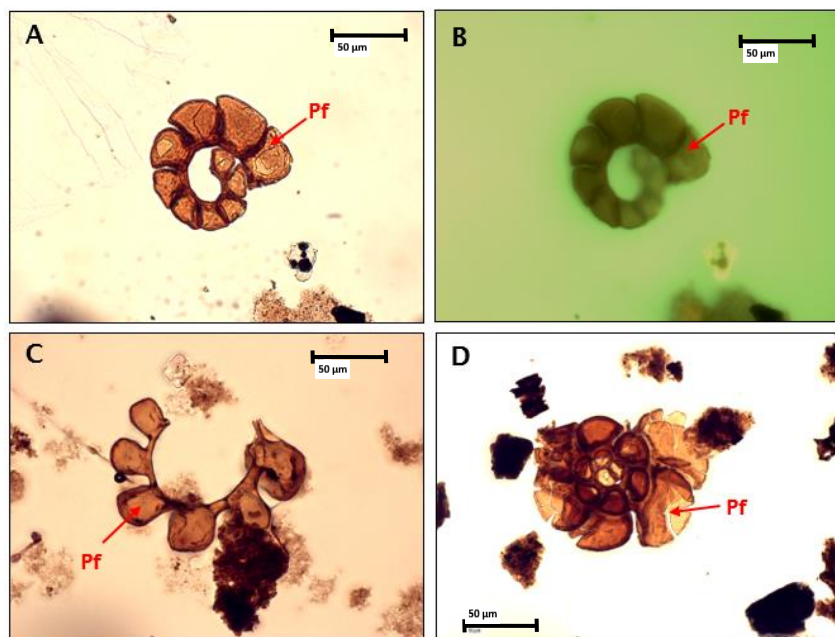


Figura 13 - Fotomicrografias de MO dispersa em LB (A, C e D) e LF (B). A-B (am. 1750m), C (am. 1100m) e D (am. 1050m): Palinoforaminífero (Pf).

Os hidrozoários com a forma de pólipos apresentam uma forma tubular e, por vezes, nas suas extremidades ou no seu exterior observa-se a presença de brotos que dão origem a novos indivíduos. Os pólipos encontram-se muitas vezes fragmentados e, em alguns casos, já apresentam sinais de amorfização. Apresentam cor castanha em LB e podem exibir alguma fluorescência em LF (normalmente cor amarela) (Fig. 14).

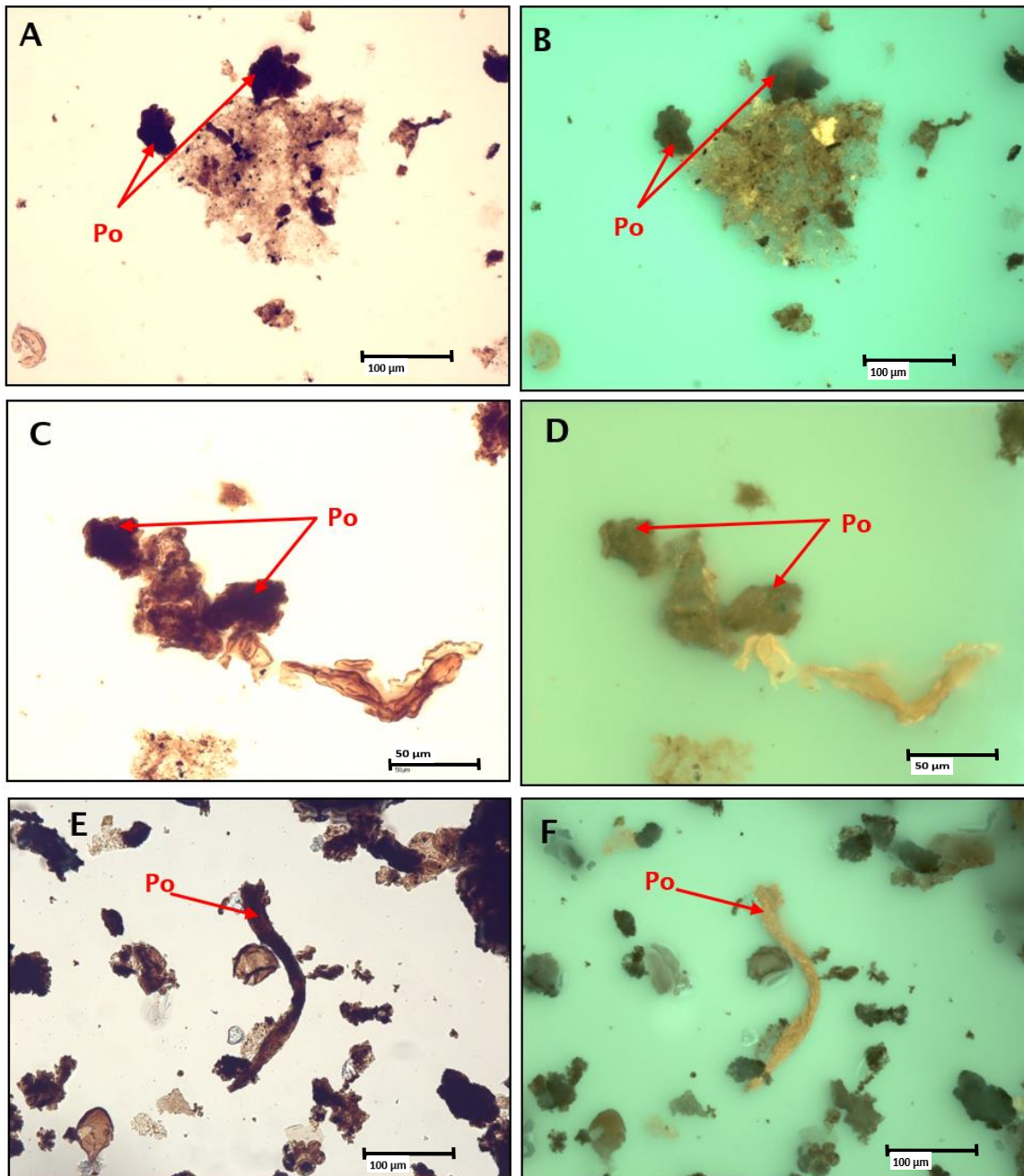


Figura 14 - Fotomicrografias de MO dispersa em LB (A, C e E) e em LF (B, D e F). A, B, C e D (am. 950m), E e F (am. 1150m): Pólipos (Po).

Os tentáculos de hidrozoários, nomeadamente de medusas, são estruturas alongadas, que exibem cor castanha (em LB) e possuem perfurações (Fig. 15 A-B). Os tentáculos também podem aparecer como conjuntos de tentáculos todos emaranhados (Fig. 15 C-D), que em trabalhos anteriores (Pereira, 2014) foram classificados como *Desmidiales* (algas de água doce). Apresentam cor acastanhada em luz branca transmitida e, na maioria das vezes, exibem fluorescência de cor amarela intenso a amarela torrado em luz azul incidente.

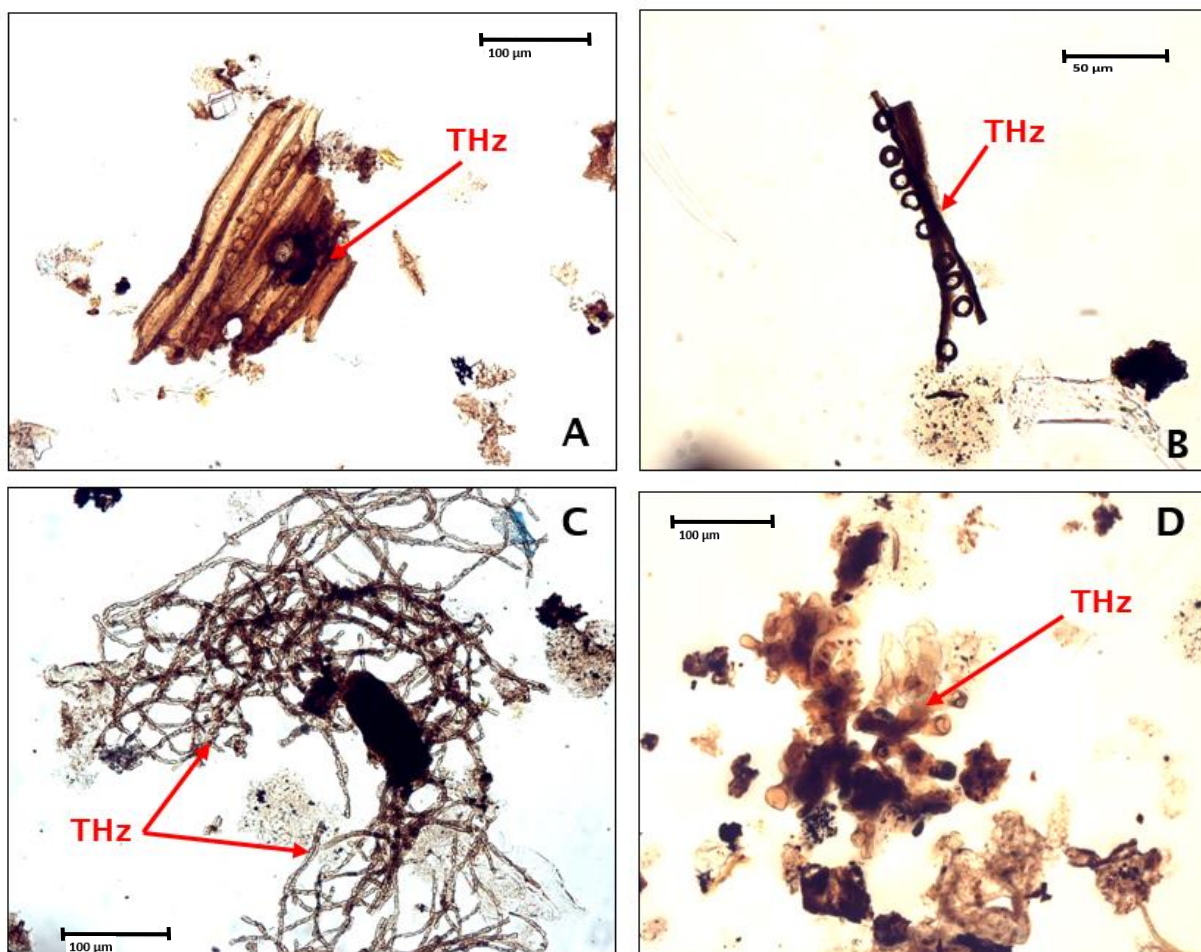


Figura 15 – Fotomicrografias de MO dispersa em LB (A, B, C e D). A (am. 1350m): Fragmento de tentáculo de hidrozoário (THz); B (am. 1750m): Tentáculo de hidrozoário (THz); C-D (am. 900): Tentáculos de hidrozoário (THz).

Formas medusóides (Fig. 16) de hidrozoários também foram observadas nas amostras da “Fácies de Candeeiros”. A sua cabeça vai desde a forma de um disco achatado até a uma campânula quase fechada. As cabeças ostentam coroas de tentáculos (Fig. 16). Normalmente possuem cor castanho claro na campânula e cor castanho escuro nos tentáculos em luz branca transmitida. Em LF quando exibem fluorescência geralmente apresentam cor amarela, ou podem não exibir qualquer fluorescência. Em alguns casos, já apresentam alguma amorfização.

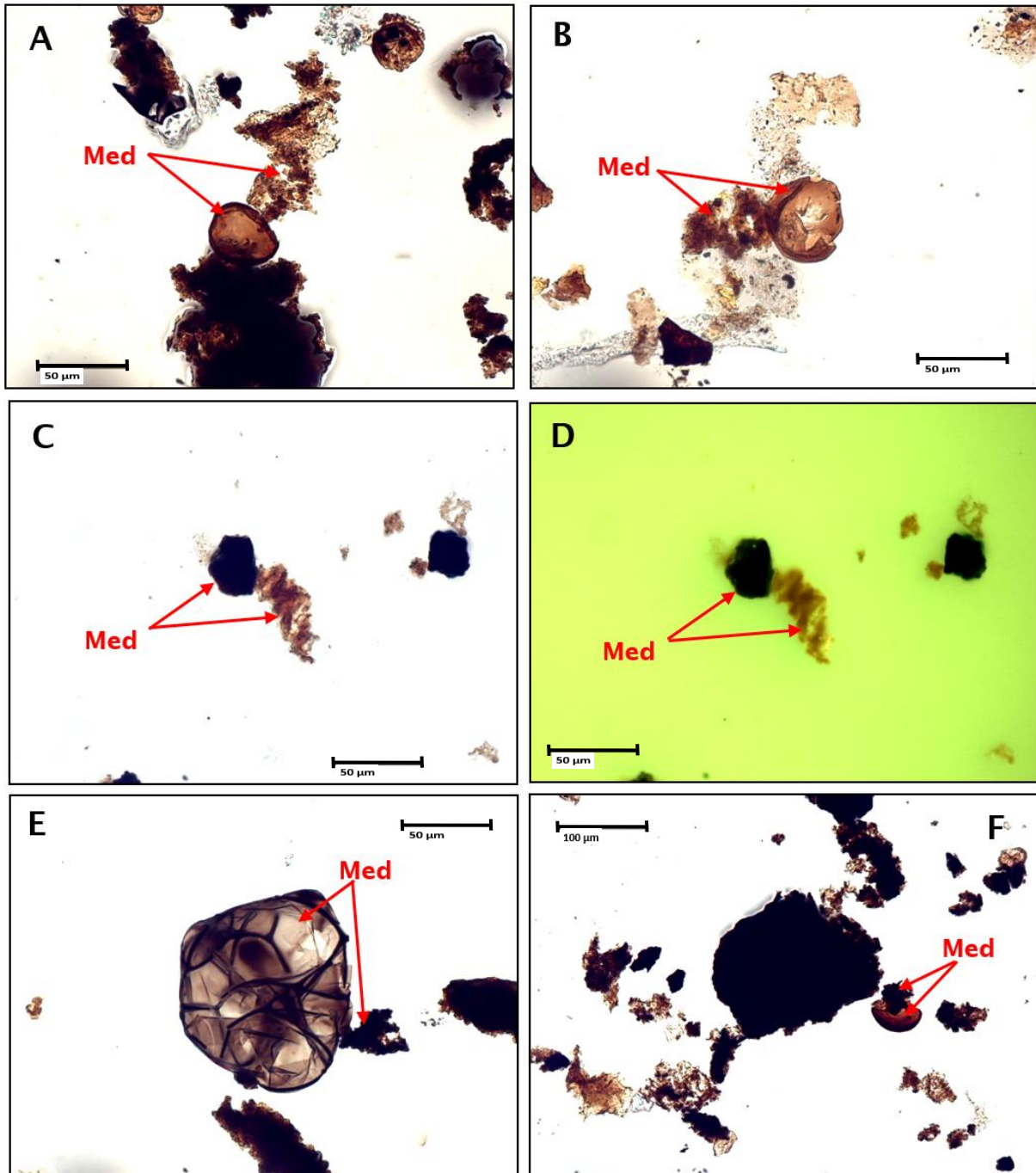


Figura 16 - Fotomicrografias da MO dispersa em LB (A, B, C, E e F) e em LF (D). A-F (am. 1150), B (am. 1350m), C-D (am. 950m) e E (am. 1650): Medusa (Med).

### 5.2.4 Grupo dos Zooclastos

Os zooclastos são partículas estruturadas que se desconhece a sua origem e geralmente encontram-se fragmentadas. Na figura 17 nas fotomicrografias A e B, estão ilustradas essas mesmas estruturas. Possuem uma estrutura visível, contornos quebrados, normalmente são opacos em LB e não possuem fluorescência em LF.

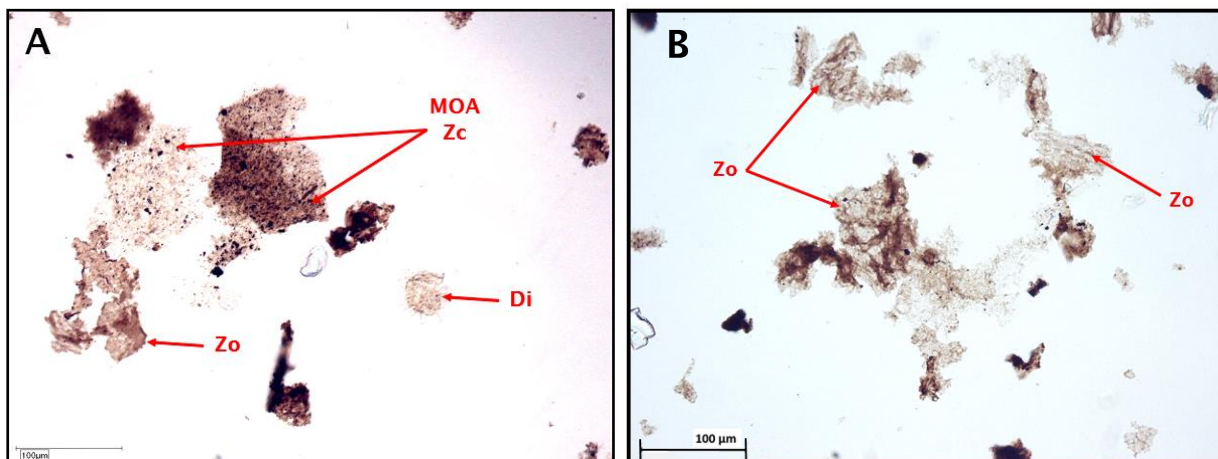


Figura 17 - Fotomicrografias da MO dispersa em LB (A e B). A (am. 1300m): Zooclasto (Zc), MOA de zooclasto (MOA Zc) e dinocisto (Di); B (am. 1300m): Zooclasto (Zo).

### 5.3. Petrografia Orgânica

As amostras em rocha total são caracterizadas por possuírem, em geral, pouca matéria orgânica dispersa. Foi possível identificar diferentes tipos de partículas orgânicas pertencentes aos grupos de macerais (vitrite, liptinite e inertinite) e zooclastos, bem como estabelecer a relação entre os constituintes orgânicos e inorgânicos presentes nas amostras.

Relativamente à componente mineral, verificou-se que são constituídas por carbonatos, podendo distinguir-se cristais de calcite (Fig. 18 D). A presença de pirite está muitas vezes associada à matéria orgânica.

O grupo da vitrite (Fig. 18 B) é constituído por um número muito pequeno de partículas com refletância que varia entre 0,31 e 0,70% (Tab. 6). Apresentam cor cinzenta escura em luz branca refletida e em luz azul incidente não exibem fluorescência. Foram identificadas partículas de inertinite (Fig. 18 C) em pequeno número apresentando cor branca quando observadas em luz branca. Do grupo da liptinite, observa-se betuminite, que apresenta cor normalmente acastanhada (LR) e exibe uma forte fluorescência (amarelo dourado) e encon-

tra-se dispersa na matriz mineral. Apresenta um aspeto difuso encontrando-se dispersa na massa de carbonatos.

Foram ainda, identificados betumes sólidos (Fig. 18 A) que ocorrem a preencher espaços vazios na matriz mineral. Usualmente possuem uma superfície irregular, apresentando cor cinzento escuro (em LR) e uma cor de fluorescência em tons de castanho (em LF). Apresentam valores de refletância ( $R_r$ ) compreendidos entre 0,43 e 0,95% (Tab. 6).

Tabela 6 - Valores de reflectância da vitrinite ( $R_r$ ) e dos betumes sólidos das amostras estudadas.

Amostra	Vitrinite			Betume sólido		
	$R_r$	$\sigma$	n	$R_r$	$\sigma$	n
850						
900	0,57	0,27	4			
950				0,88	0,25	10
1000						
1050	0,67	0,09	3			
1100	0,55	0,05	6	0,43	0,26	5
1150	0,40		1	0,88	0,14	3
1200	0,52	0,20	2			
1250	0,70	0,27	3	0,95		1
1300				0,85	0,17	2
1350				0,93		1
1400				0,95		1
1450						
1500	0,31	0,06	3	0,79	0,28	3
1550				0,73	0,07	2
1600	0,62		1	0,64	0,07	2
1650						
1700				0,86		1
1750				0,64	0,33	3
1800				0,50		1

$R_r$ : refletância;  $\sigma$ : desvio padrão; n: número de medidas.

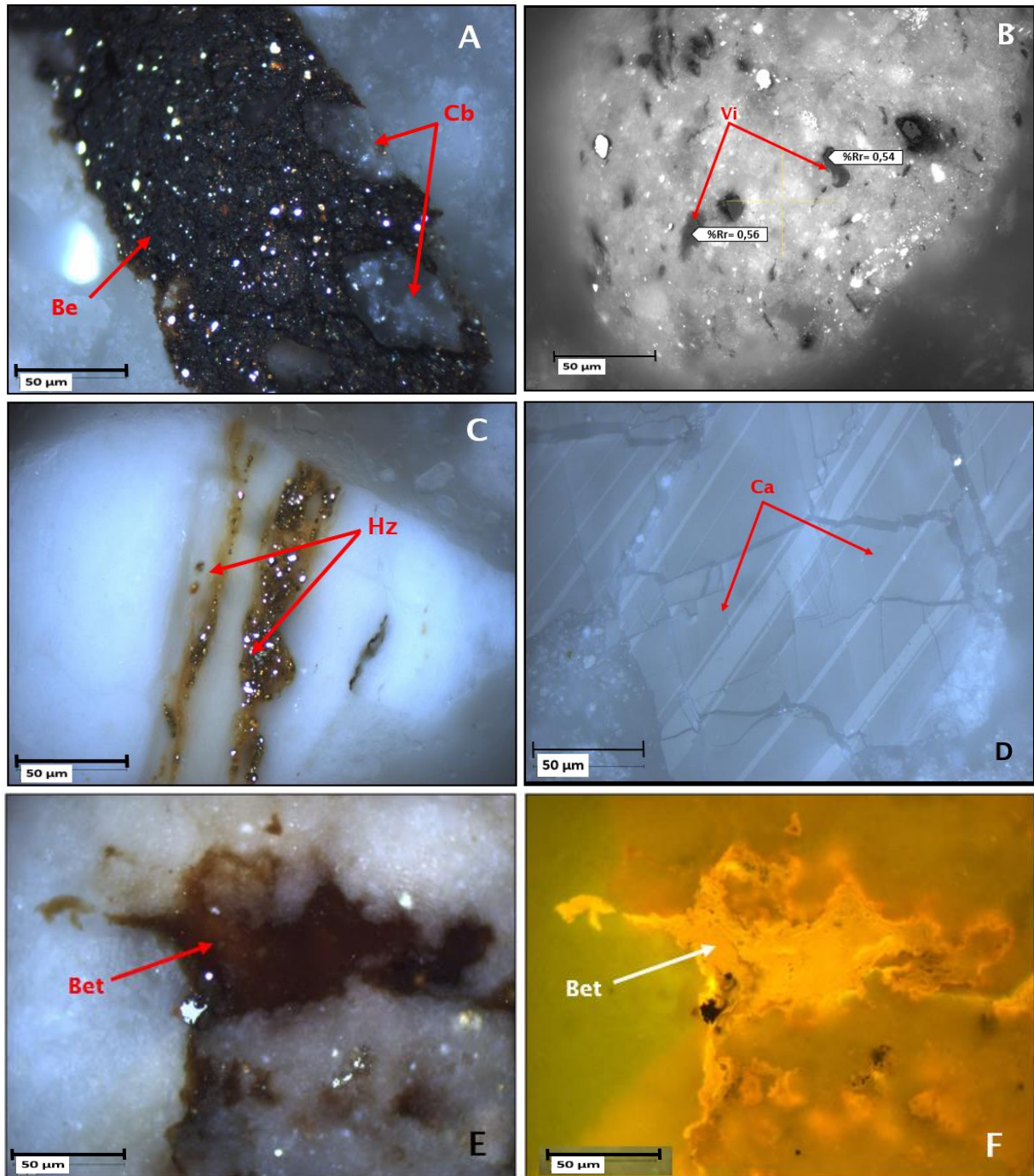


Figura 18 – Fotomicrografias da MO dispersa em LR (A, B, C, D e E) e em LF (F). A (am. 1200m): Betume sólido (Be) e carbonatos (Cb); B (am. 900m): Vitrinite (Vi); C (am. 1800m): Pólipos ou tentáculos de hidrozoários (THz); D (am. 950): Cristais de calcite (Ca); E-F (am. 1550m): Betuminite (Bet).



**Capítulo V**  
**Discussão dos Resultados**



## 6. Discussão dos resultados

O presente capítulo integra a discussão dos resultados obtidos e expostos no capítulo anterior. Fazendo uma abordagem geral e integrando os dados da Geoquímica Orgânica com os dados de Palinofácies (Fig. 19) compreende-se a relação entre os diferentes parâmetros.

Os sedimentos que constituem a “Fácies de Candeeiros” depositaram-se durante o Jurássico Médio, e corresponde a uma rampa carbonatada em plena progradação. De acordo com Azerêdo (1999), esta fácies apresenta uma assembleia rica em microfósseis.

Como já foi referido anteriormente os valores de COT são muito baixos (Tab. 4). Estes valores indicam um conteúdo pobre em carbono orgânico (Peters & Cassa, 1994) sendo indicativo de pouca acumulação e/ou preservação da matéria orgânica. As razões COT/St maiores que 3 (exceto na am. 850m; Tab. 5) indicam que a deposição da MO ocorreu sob condições óxicas, isto é, ambientes ricos em oxigénio (Morse & Berner, 1995; Borrego et al., 1998). No entanto, o predomínio de Amorfa aponta para zonas de alta preservação de MO devido às condições redutoras e de baixa energia, especialmente aquelas afastadas de áreas de atividade flúvio-deltaicas que estão associadas com processos de diluição por esporomorfos e fitoclastos (Bustin, 1988; Tyson, 1987; 1989; 1993). De acordo com estes dados, durante a deposição da “Fácies de Candeeiros” teve de ocorrer a alternância de períodos mais óxico, que levou a um aumento da produtividade no ecossistema, seguido de períodos anóxicos que permitiram a produção de MOA e a sua posterior preservação.

A presença de palinoforaminíferos e cistos de dinoflagelados aponta para condições deposicionais marinhas durante a sedimentação (Tyson, 1995). A ocorrência de zooclastos (observados tanto em luz transmitida como em refletida) vem comprovar a presença de ambientes temporários óxicos na coluna de água, uma vez que para estes serem preservados tiveram que ser produzidos e para tal é essencial a presença de fitoplâncton no sistema. Os baixos conteúdos em COT (Tab. 4) indicam a ambientes óxicos adversos à preservação da matéria orgânica (Tyson, 1995). Por sua vez, a presença de zooclastos aponta para um grande desenvolvimento de organismos durante o Bajociano (?) - Batoniano tal como referido noutros estudos realizados na Bacia Lusitânica (Gonçalves et al., 2014; Pereira, 2014).

Na Figura 20 ilustram-se os parâmetros geoquímicos e de palinofácies obtidos neste estudo que permitem inferir o ambiente deposicional que deu origem à “Fácies de Candeeiros”, conjugados com os dados litológicos.

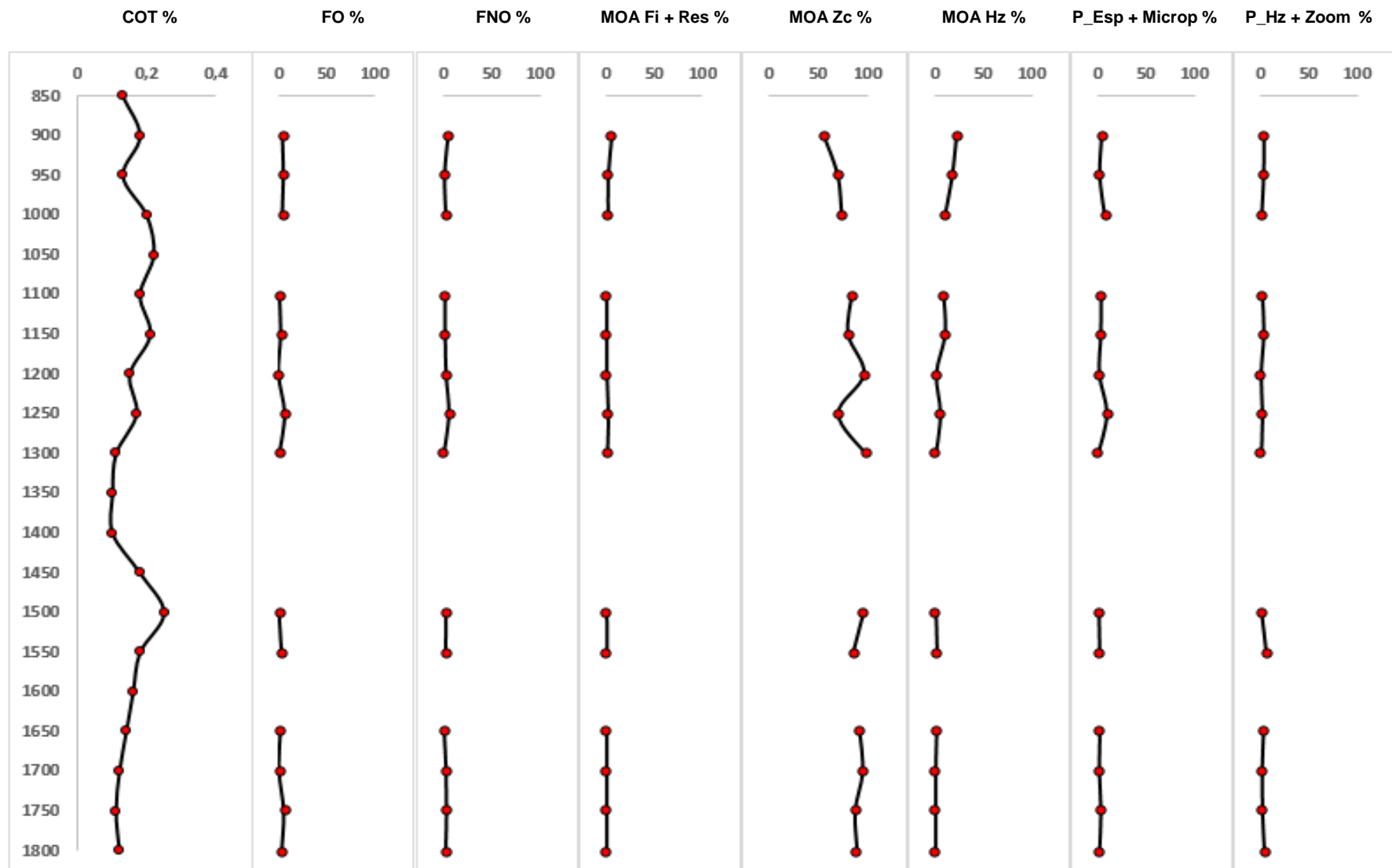


Figura 19 – Diagramas binários da variação dos valores obtidos através da geoquímica e de palinofácies.

Nota: COT (Carbono Orgânico Total), FO (fitoclastos opacos), FNO (fitoclastos não opacos), MOA Fi + Res (MOA de fitoclasto + resina), MOA Zc (MOA zooclasto), MOA Hz (MOA de hidrozoário), P\_Esp + Microp (Palinórfos – esporos + microplâncton), P\_Hz + Zoom (Palinórfos – hidrozoários + zoomórfos).

A maioria das formas de vida encontravam-se na coluna de água, onde o oxigénio e a fonte de alimento (fitoplâncton) eram abundantes. Consequentemente, ocorre um aumento da produtividade primária contribuindo assim para um forte desenvolvimento do zooplâncton. A acumulação e preservação da MO ocorreu no fundo da bacia sedimentar correspondendo a uma zona anóxica, isto é, pobre em oxigénio.

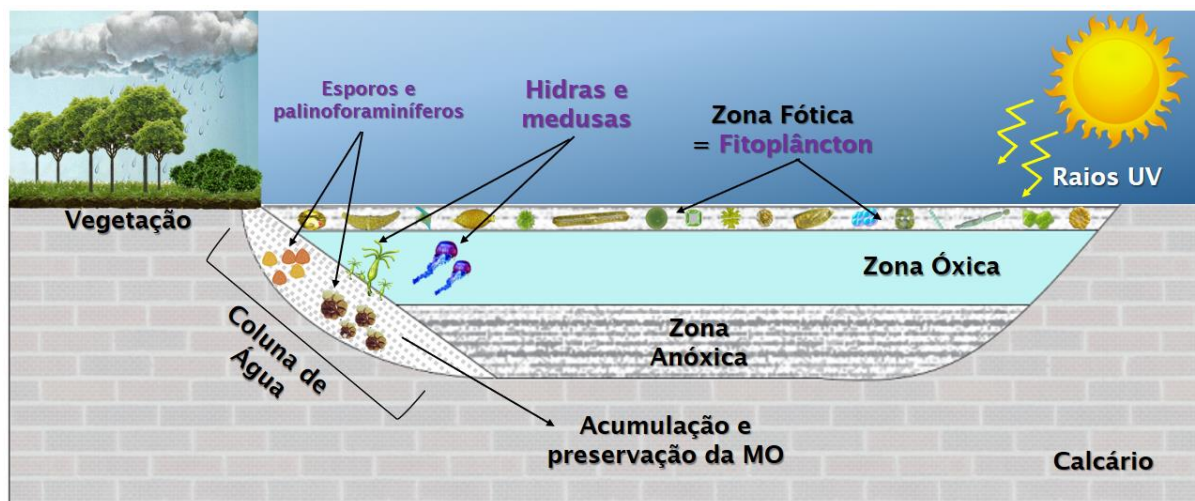


Figura 20 - Ilustração dos ambientes de deposição e das condições em que se formaram os componentes orgânicos da "Fácies de Candeeiros".

Os resultados obtidos (Tab. 5) foram projetados no diagrama ternário (Fig. 21) proposto por Tyson (1995). Verifica-se que as amostras da "Fácies de Candeeiros" caem no campo IX (Tab. 7) sendo indicativo que a MO depositou-se numa plataforma carbonatada. Este resultado é concordante com os dados de geoquímica orgânica, que indicavam teores de  $\text{CaCO}_3$  iguais ou superiores a 99%.

Relativamente à maturação da matéria orgânica, a refletância da vitrinite aponta para indicando um estado imaturo a maturo da MO.

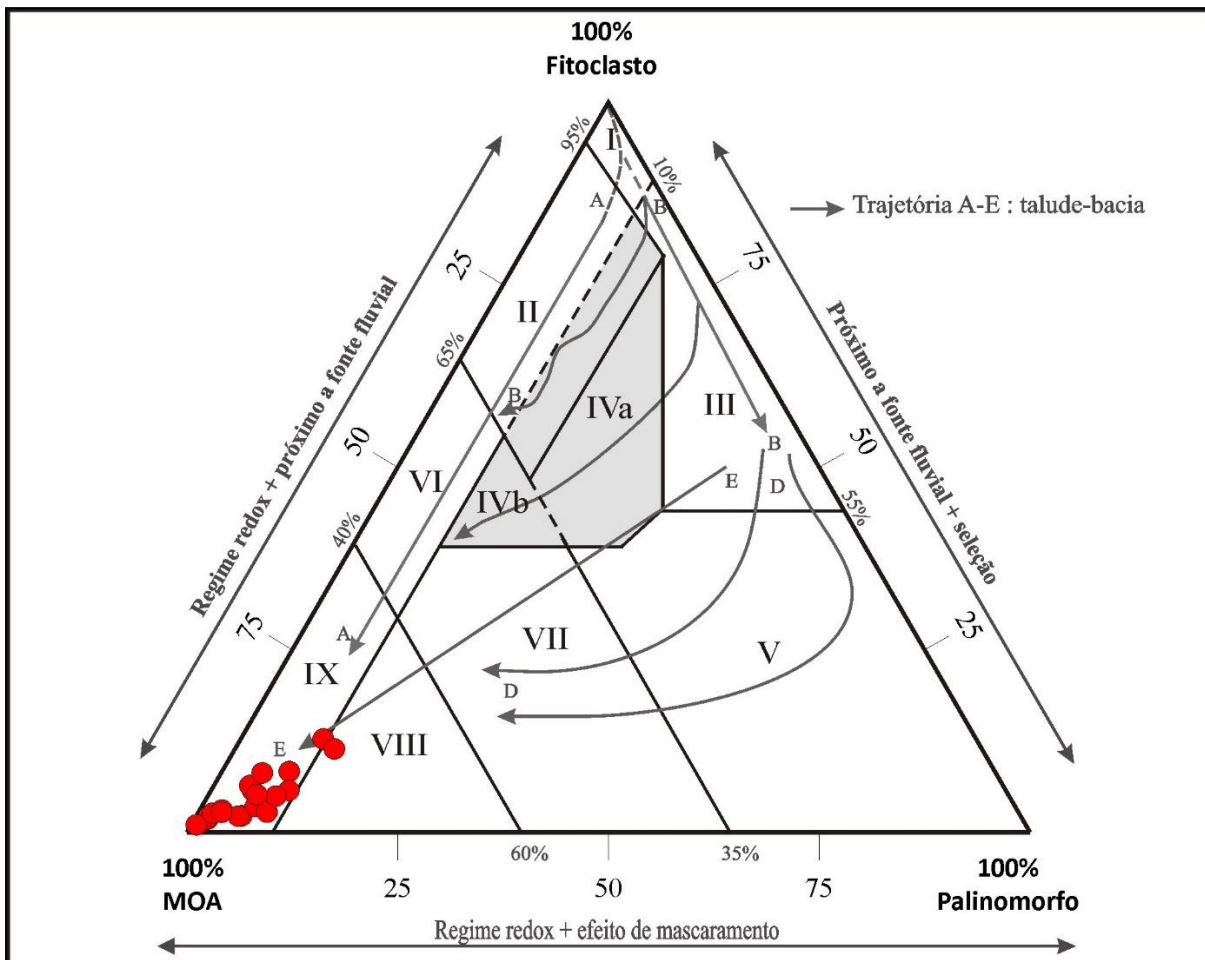


Figura 21 - Diagrama ternário que demonstra a relação Fitoclasto – MOA – Palinomorfo (proposto por Tyson, 1995 e modificado por Mendonça et al., 2011a) das amostras pertencentes à “Fácies de Candeeiros” recolhidas da sondagem Ga-1.

Tabela 7 - Paleoambientes determinados através das características da MO de cada campo de palinofácies. O campo que está sobressaído a vermelho é o paleoambiente correspondente às amostras da “Fácies de Candeeiros”.

<b>Campos de Palinofácies</b>	<b>Características deposicionais da MO</b>
<b>I</b>	<b>Bacia ou plataforma altamente proximal</b> Alto suprimento de fitoclastos dilui todos os outros componentes.
<b>II</b>	<b>Bacia marginal disóxica-anóxica</b> MOA diluída pelo alto suprimento de fitoclastos, mas com moderada a boa preservação. Quantidade de COT marinho depende do estado <i>redox</i> da bacia.
<b>III</b>	<b>Plataforma óxica heterolítica (plataforma proximal)</b> Geralmente baixa taxa de preservação de MOA, abundância absoluta de fitoclastos que depende da proximidade de fontes flúvio-deltaicas Oxidação e retrabalhamento comuns.
<b>IV</b>	<b>Transição plataforma-bacia</b> Transição plataforma-bacia no tempo (e.g. aumento da subsidência/profundidade da coluna de água) ou espaço (talude). Abundância absoluta de fitoclastos depende da proximidade da fonte fluvial e do grau de redeposição. Quantidade de COT marinho depende do estado <i>redox</i> da bacia. IVa: disóxico; IVb: subóxico-anóxico.
<b>V</b>	<b>Plataforma óxica dominada por lama (plataforma distal)</b> Baixa a moderada MOA (geralmente degradada). Palinomorfos abundantes. Margas de coloração clara, bioturbadas e comuns.
<b>VI</b>	<b>Plataforma proximal subóxica-anóxica</b> Boa taxa de preservação de MOA, a bacia apresenta condições redutoras. Conteúdo absoluto de fitoclastos deve ser moderado a alto, devido ao <i>input</i> de turbiditos e/ou proximidade da fonte flúvio-deltaica.
<b>VII</b>	<b>“Plataforma” distal disóxica-anóxica</b> Moderada a boa taxa de preservação de MOA, baixo a moderado conteúdo de palinomorfos. Lamitos escuros bioturbados são comuns.
<b>VIII</b>	<b>Plataforma distal disóxica-anóxica</b> MOA dominante, excelente taxa de preservação. Baixo a moderado conteúdo de palinomorfos. Folhelhos ricos em MO são depositados sob condições de coluna de água estratificada.
<b>IX</b>	<b>Bacia distal subóxica-anóxica/Plataforma carbonatada/Marinho restrito</b> MOA dominante. Baixo conteúdo de palinomorfos. Frequentemente rico em alginite. Depósitos de águas profundas ou depósitos de condições de coluna de água estratificada ou sedimentos de bacia faminta.



**Capitulo VI**

**Conclusão**



## 7. Conclusão

Os dados geoquímicos e de palinofácies, recolhidos nas amostras da “Fácies de Candeeiros” da sondagem Ga-1, permitiram caracterizar a MO presente nas amostras, determinar a sua origem e identificar o ambiente deposicional onde estas se encontravam. Neste trabalho, foram também identificados e caracterizados novos componentes orgânicos em palinofácies, os hidrozoários. Trabalhos anteriores identificavam estes seres como *Desmidiales*, pois estas eram facilmente confundidas com os tentáculos de medusas.

A “Fácies de Candeeiros” assenta numa plataforma carbonatada com alternância de ambientes deposicionais óxicos e redutores. A presença de oxigénio sugere uma elevada produtividade primária por parte do fitoplâncton e conseqüentemente uma grande concentração de zooplâncton, assim como acumulação e preservação de zooclastos e zoomorfos. Por outro lado, a ausência de oxigénio indica zonas de alta preservação de MO e de baixa energia, havendo assim predomínio da MOA. A frequente presença de palinoforaminíferos ao longo das amostras sugere condições deposicionais marinhas durante a sedimentação.



**Capítulo VII**  
**Referências Bibliográficas**



## 8. Referências bibliográficas

ASTM, 2011a. Standard practice for preparing coal samples for microscopical analysis by reflected light. Annual book of ASTM standards: Petroleum products, lubricants, and fossil fuels; Gaseous fuels; coal and coke, sec. 5, v. 5.06. ASTM International, West Conshohocken, PA, pp. 401–405.

ASTM, 2014. D7708-14. Standard test method for microscopical determination of the reflectance of vitrinite dispersed in sedimentary rocks. Annual book of ASTM standards: petroleum products, lubricants, and fossil fuels; gaseous fuels; coal and coke, sec. 5, v. 5.06. ASTM International, West Conshohocken, PA, pp. 823–833. 10pp.

Atta-Peters, D., Agama, C.I., Asiedu, D.K., Apesegah, E., 2013. Palynology, palynofacies and palaeoenvironments of sedimentar organic matter from Bonyere – 1 Well, Tano basin, western Ghana. International Letters of Natural Sciences, ISSN: 2300-9675, Vol. 5, pp 27, 30-32.

Azerêdo, A. C., 1999. Études micropaléontologiques dans les séries carbonatées du Jurassique moyen du Bassin Lusitanien (Portugal). Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa. Vol. 86, pp 59-84.

Azerêdo, A. C., Wright, V. P., Ramalho, M. M., 2002. The Middle-Late Jurassic forced regression and disconformity in central Portugal: eustatic, tectonic and climatic effects on a carbonate ramp system. Sedimentology. Vol. 49, ed. 6, pp 1339-1370.

Azerêdo, A.C., 2007. Formalização da litostratigrafia do Jurássico Inferior e Médio do Maciço Calcário Estremenho (Bacia Lusitânica). Comunicações Geológicas 94, 29 – 51.

Azerêdo, A.C., Duarte, L.V., Henriques, M.H., Manuppella, G., 2003. Da dinâmica continental no Triásico aos mares do Jurássico Inferior e Médio. Cadernos de Geologia de Portugal, Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa, 43p.

Batten, D.J., 1973. Use of Palynologic assemblage-types in Wealden correlation. Vol. 16, pp 1-6.

Batten, D.J., Dott, R.H., 1981. Evolutions of the Earth. Ed. 3, McGraw-Hill, pp 573.

Batten, D.J., 1982. Palynofacies, palaeoenvironments and petroleum. *Journal of Micro-palaeontology*, pp 107-114.

Berner, R.A., 1995. Sedimentary organic matter preservation: an assessment and speculative synthesis - a comment. *Marine Chemistry* 49, 121 - 122.

Borrego, J., Lopez, M., Pedon, J.G., Morales, J.A., 1998. C/S ratios in estuarine sediments of the Odiel River-mouth, S.W. Spain. *Journal of Coastal Research* 14, 1276-1286.

Bostick, N.H., 1971. Thermal alteration of clastic organic particles as an indicator of contact and burial metamorphism in sedimentary rocks. *Geoscience and Man, Baton Rouge* 3, 83-92.

Boulter, M.C., Riddick, A., 1986. Classification and analysis of palynodebris from the Palaeocene sediments of the Forties Field. *Sedimentology*, vol. 33, pp 871-886.

Bustin, R.M. 1988. Sedimentology and characteristics of dispersed organic matter in Tertiary Niger Delta: origin of source rocks in a deltaic environment. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 72, 277-298.

Combaz, A., 1964. Les palynofacies. *Revue de Micropaléontologie* 7, 205-218.

Duarte, L.V., 1997. Facies analysis and sequential evolution of the Toarcian-Lower Aalenian series in the Lusitanian Basin (Portugal). *Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa*, 83, 65-94.

Duarte, L.V., Soares, A.F., 2002. Litostratigrafia das séries margocalcárias do Jurássico inferior da Bacia Lusitânica (Portugal). *Comunicação do Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa*, 89, 115-134.

Duarte, L.V., 2007. Lithostratigraphy, sequence stratigraphy and depositional setting of the Pleinsbachian and Toarcian series in the Lusitanian Basin (Portugal). In: R. B. Rocha (Eds.), *The Peniche section (Portugal). Contributions to the definition of the Toarcian GSSP. International Subcommission on Jurassic Stratigraphy*, ISBN 978-972-8893-14-9, pp. 17- 23.

Duarte, L.V., Silva, R.L., Mendonça Filho, J.G., Oliveira, L.C., 2010a. Evidências geoquímicas do Jurássico Inferior de Peniche (Bacia Lusitânica, Portugal): Estado de arte e perspectivas futuras. In: Flores, D., Marques., (Eds.). XVI Semana de Geoquímica/ X Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa, Porto, Memórias nº15, Saída de Campo 1, pp. 3-24.

Duarte, L.V., Silva, R. L., Oliveira, L. C. V., Comas-Rengifo, M.J., Silva F., 2010b. Organic rich facies in the Sinemurian and Pliensbachian of the Lusitanian Basin, Portugal: Total organic carbon distribution and relation to transgressive-regressive facies cycles. *Geológica - Acta* 8, 325-340.

Gonçalves, P.A., Mendonça Filho, J.O., Silva, T.F., J.G., Mendonça, Flores, D., 2014. The Mesozoic - Cenozoic organic facies in the Lower Tagus sub-basin (Lusitanian Basin, Portugal): Palynofacies and organic geochemistry approaches. *Marine and Petroleum Geology* 52, 42-56.

Hughes, N.F., Moody-Stuart, J.C., 1967. Palynological facies and correlation in the English Wealden. *Review of Paleobotany and Palynology* I, 259-268.

ICCP, 1998. The new vitrinite classification (ICCP System 1994). *Fuel* 77, 349-358.

ICCP, 2001. The new inertinite classification (ICCP system 1994). *Fuel* 80, 459-471.

Kullberg, J.C., Rocha, R.B., Soares, A.F., Rey, J., Terrinha, P., Azerêdo, A.C., Callapez, P., Duarte, L.V., Kullberg, M.C., Martins, L., Miranda, R., Alves, C., Mata, J., Madeira, J., Mateus, O., Moreira, M., Nogueira, C.R., 2013. A Bacia Lusitaniana: Estratigrafia, Paleogeografia e Tectónica. In: Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P., Kullberg, J. C. (Eds.), *Geologia de Portugal, Vol. II, Geologia Meso-cenozóica de Portugal*; Livraria Escolar Editora, Lisboa, Cap.III.3, 195-347.

Mendonça Filho, J.G., 1999. Aplicação de estudos de palinofácies e fácies Orgânica em rochas do Paleozóico da Bacia do Paraná, Sul do Brasil. Universidade Federal do Grande Sul. Tese de Doutorado em Geociências, 2 vols. 338pp.

Mendonça Filho, J.G., Carvalho, M.A., Menezes, T.R., 2002. Palinofácies. In: Dutra, T.L. (Ed.), Técnicas e Procedimentos para o Trabalho com Fósseis e Formas Modernas Comparativas. Unisinos, São Leopoldo, pp. 20-24.

Mendonça Filho, J.G., 2010. Geoquímica do petróleo. In: Ed. Flores, D; Marques, M. Memórias nº16. X Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa. pp. 9-18.

Mendonça Filho, J.G., Menezes, T.R., Mendonça, J.O., Oliveira, A.D., Carvalho, M.A., Sant'Anna, A.J., Souza, J.T., 2010. Palinofácies. In: de Souza Carvalho, Ismar (Ed.), Paleontologia. Interciência, Rio de Janeiro, 379-413.

Mendonça Filho, J.G., Menezes, T.R., 2011a. Organic Matter: Concepts and Definitions. Chapter 1. In: D. Flores, M. Marques (Eds.) "ICCP Training Course on Dispersed Organic Matter", Porto. 1-12.

Mendonça Filho, J.G., Menezes, T.R., Mendonça, J. O., 2011b. Organic composition (Palynofacies Analysis). Chapter 5. In: ICCP Training Course on Dispersed Organic Matter, Porto, pp 33-81.

Mendonça Filho, J.G., Menezes, T.R., Mendonça, J.O., Oliveira, A.D., Silva, T.F., Rondon, N.F., Silva, F.S., 2012. Organic facies: palynofacies and organic geochemistry approaches. In: Panagiotaras, D. (Ed.), Geochemistry Earth's system processes, vol. 1. InTech, Patras, ISBN 978-9-53-510586-2, pp. 211 e 245.

Mendonça Filho, J.G., Menezes, T.R., Mendonça, J.O., 2014. Organic Composition (Palynofacies Analysis). Chapter 5. "ICCP Training Course on Dispersed Organic Matter", Potsdam (Germany) 35-87.

Mendonça Filho, J.G., Hackey, P.C., Araujo, C.V., Borrego, A.G., Bouzinos, A., Cardott, B.J., Cook, A.C., Eble, C., Flores, D., Gentzis, T., Gonçalves, P.A., Hámor-Vidó, M., Jelonek, I., Kommeren, K., Knowles, W., Kus, J., Mastalerz, M., Menezes, T.R., Newman, J., Oikonomopoulos, I.K., Pawlewicz, M., Pickel, W., Potter, J., Ranasinghe, P., Read, H., Reyes, J., Rodriguez, G.R., Souza, I.V.A.F., Suárez-Ruiz, I., Sýkorová, I., Valentine, B.J., 2015. Standardization of reflectance measurements in dispersed organic matter: Re-

sults of an exercise to improve interlaboratory agreement. *Marine and Petroleum Geology* 59, 22-34.

Mendonça Filho, J.G., Gonçalves, P.A., 2016. The sedimentary organic matter, Chapter 1. In: I. Suárez-Ruiz e J.G. Mendonça Filho (Eds.). *The Role of Organic Petrology in the Exploration of Conventional and Unconventional Hydrocarbon Systems*. Bentham Science publishers, United Arab Emirates.

Morse, J.W., Berner, R.A., 1995. What determines sedimentary C/S ratios?. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 59, 1073- 1077.

Palain, C., 1976. Une serie detritique terrigene, les "Grés de Silves": Trias et Lias inférieur du Portugal. *Memória dos Serviços Geológicos Portugal*, N. S., Lisboa, 25, 377 p.

Pereira, A.M., 2014. Caracterização organofaciológica e organogeoquímica de uma sequência sedimentar do setor Central da Bacia Lusitânica (sondagem Gaiteiros-1). Tese de mestrado, Universidade do Porto (não publicado), 47 p.

Peters, K.E., Cassa, M.R., 1994. Applied source rock geochemistry. In: L.B. Magoon, W.G. Dow (Eds), *The petroleum system -- from source to trap*. AAPG Memoir 60, Tulsa, 93-120.

Pickel, W., Kus, J., Flores, D., Kalaitzidi, S., 2015. Draft Classification of Liptinite – ICCP System 1994. 51 pp.

Pinheiro, L., Wilson, R., Pena dos Reis, R., Whitmarsh, R. Ribeiro, A., 1996. The Western Iberia Margin: A Geophysical and Geological overview. In: R.B. Whitmarsh, D.S. Klaus, D.G. Masson (Eds), *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results* 149, 3-23.

Powell, A.J., Dodge, J.D., Lewis, J., 1990. Late Neogene to Plesitocene palynological facies of Peruvian continental margin upwelling, Leg 112. In: Suess, E., Von Huene, R. (Eds.), *Proceedings of the Ocean Drilling Project, Scientific Results*. College Station, Texas, 112, 297-321.

Schidlowski, M., Eichmann, R., 1974. Isotopic composition of carbonaceous matter from the Precambrian uranium deposits of the Blind River District, Canada. Vol. 61, pp 449.

Soares, A.F., Rocha, R.B., Elmi, S., Henriques, M.H., Mouterde, R., Almeras, Y., Ruget, C., Marques, J., Duarte, L., Carapito, M.C., Kullberg, J.C., 1993. Le sous-bassin nord-lusitanien (Portugal) du Trias au Jurassique moyen: histoire d'un *rift* avorté. Gauthier-Villars, 317, 12, 1659-1666.

Taylor, G.H., Teichmüller, M., Davis, A., Diessel, C.F.K., Littke, R., Robert, P., 1998. Organic Petrology; Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart, 704 pp.

Teredo Petroleum PLC, 1990. Gaiteiros One. End of Well Report. Londres.

Tissot, B., Welte, D.H., 1984. Petroleum Formation and Occurrence, second ed. Springer Verlag, Heidelberg.

Tschudy, R.H., 1961. Palynomorphs as indicators of facies environments in Upper Cretaceous and Lower Tertiary strata, Colorado and Wyoming. Wyoming Geological Society, 16<sup>th</sup> Annual Field Conference, Guidebook, 53-59.

Tyson, R.V. 1987. The genesis and palynofacies characteristics of marine petroleum source rocks, In: Brooks, J., Fleet, A.J. (eds) Marine Petroleum Source Rocks, Geological Society Special Publication 26, 47-67.

Tyson, R.V. 1989. Late Jurassic palynofacies trends, Piper and Kimmeridge Clay Formations, UK onshore and northern North Sea. The British Micropalaeontological Society, p. 135-172.

Tyson, R.V. 1993. Palynofacies Analysis. Kluwer Academic Publishers. p. 153-191.

Tyson, R.V., 1995. Sedimentary organic matter. Organic facies and palynofacies. Chapman & Hall, 615 p.

Vincent, A.J., 1995. Palynofacies analysis of Middle Jurassic sediments from the Inner Hebrides. PhD Thesis, University of Newcastle upon Tyne. 475p.

Wilson, R.C.L., 1988. Mesozoic Development of the Lusitanian Basin, Portugal. *Revista de la Sociedad Geológica de España* 1, 393-407.

Wilson, R.C.L., Hiscott, R.N., Willis, M.G., Gradstein, F.M., 1989. The Lusitanian Basin of West-Central Portugal: Mesozoic and Tertiary Tectonic, Stratigraphic and Subsidence History. Chapter 22, pp 341-361.