



**Faculdade de Ciências
Departamento de Geologia
Licenciatura em Cartografia e Pesquisa Geológica**

Projecto Científico

Caracterização de Litofácies Sedimentares e Ambientes Depositionais com base na análise de testemunho de sondagem do furo JOG16N-6 da bacia carbonífera de Maniamba Niassa



Autor: Danquel Afonso Dinis

Maputo, Outubro de 2025



Faculdade de Ciências
Departamento de Geologia
Licenciatura em Cartografia e Pesquisa Geológica

Projecto Científico

**Caracterização de Litofácies Sedimentares e Ambientes Depositionais com base na
análise de testemunho de sondagem do furo JOG16N-6 da bacia carbonífera de
Maniamba Niassa**

Autor

Danquel Afonso Dinis

Supervisor :

Prof. Dr. João Aberto Mugabe (UEM)

Co-Supervisores:

Mestre João Machavate (DNGM)

dr. Veloso Manuel Artur Paz

Maputo, Outubro de 2025

Agradecimentos

Agradeço à Deus, em primeiro lugar, pelo amor infinito e por me proporcionar discernimento nos momentos em que mais precisei. Aos meus tios Mário Dinis e Farrosse Nasson, à minha irmã Fina Dinis e primos, pelo amor incondicional, por tantas vezes dedicados.

Agradeço sinceramente ao Prof Dr João Mugabe, ao Mestre João Machavete e ao doutor Veloso Paz pela honra de serem meus orientadores. É um privilégio inestimável contar com a orientação de profissionais tão dedicados e competentes. Mesmo diante de suas inúmeras responsabilidades, sempre encontraram tempo para me apoiar e guiar, demonstrando um comprometimento admirável com meu desenvolvimento acadêmico e pessoal.

Agradeço profundamente a Litoteca e à Direção Nacional de Geologia e Minas (DNGM) pelo acolhimento caloroso, pela estadia generosa e pela disponibilização dos materiais essenciais para a realização deste trabalho. O apoio inestimável que recebi foi fundamental para o desenvolvimento deste projecto, permitindo-me explorar e aprofundar conhecimentos em um ambiente propício ao aprendizado.

Agradeço imensamente aos meus estimados colegas de estágio: Wiston, Queen e Jenny. A amizade que cultivamos, o carinho que compartilhamos, as risadas e até os momentos de choro foram fundamentais para minha jornada.

Agradeço sinceramente à minha grande família da Geologia, composta por colegas e amigos do curso, que desejo sempre ter por perto. Agradeço especialmente aos meus companheiros de jornada, Sirlene, Beatriz, Sozinho, Maurex, Sócrates, Calangue, Mequelina, Mangueze, Calisto, Vanusa, Sousa, Oficial, Mulungo, Vitendo, Jardel, Nelvito, Adilson, Olímpio, Alberto, Kennedy, Nhavoto, Nelio, Shelton, Massango..

A confiança depositada em mim e a motivação constante que recebi de cada um de vocês foram fundamentais para o meu desenvolvimento ao longo da trajetória académica. A troca de conhecimentos e experiências foi enriquecedora e contribuiu significativamente para minha formação.

Estendo minha gratidão ao corpo docente do Departamento de Geologia da UEM pela excelência no conhecimento transmitido durante meu percurso académico. Cada ensinamento foi uma peça essencial na construção da minha formação.

Por fim, agradeço a todos aqueles que contribuíram directa ou indirectamente para a minha formação académica. Sua colaboração foi inestimável e será sempre lembrada com carinho.

Declaração de Honra

Eu, Danquel Afonso Dinis, declaro, pela minha honra, a veracidade e originalidade deste trabalho, afirmando que é de minha autoria e nunca foi apresentado em qualquer instituição de ensino para a obtenção de grau académico. Este projecto é o resultado da minha investigação pessoal, enriquecido pelas orientações dos meus supervisores, e seu conteúdo é inteiramente original. Todas as fontes consultadas estão devidamente referenciadas no texto e na bibliografia final.

Declaro ainda que esta é a primeira vez que submeto este trabalho para a obtenção do grau académico em Licenciatura em Cartografia e Pesquisa Geológica.

Candidato

(Danquel Afonso Dinis)

Dedicatória

*Dedico esse trabalho em memória aos meus
País Afonso Dínís e Joana Ernesto.*

Resumo

O projecto científico Intitulado Caracterização de litofácies Sedimentares e Ambientes Depositionais com base na análise de testemunho de sondagem do furo JOG16N-6 da bacia carbonífera de Maniamba, Niassa tem como objectivo investigar os sistemas deposicionais e as litofácies sedimentares da Bacia Carbonífera de Manimba, localizada na Província de Niassa, no Norte de Moçambique. Os sistemas deposicionais e as litofácies sedimentares desempenham um papel crucial na determinação da qualidade das rochas reservatórios e geradoras de hidrocarbonetos, elementos fundamentais no sistema petrolífero.

Este estudo visa enriquecer o conhecimento geológico da região relativamente as formações geológicas do Karoo por meio da caracterização das litofácies sedimentares obtidas a partir de testemunhos de sondagem efectuados em Bacias Sedimentares análogas como é o caso da Bacia Carbonífera de Maniamba (Niassa). É nesta bacia onde obteve-se o testemunho do furo JOG16N-6. A metodologia do trabalho incluem a caracterização das litofácies considerando aspectos como cor, composição granulométrica e mineralógica, além das estruturas sedimentares.

Os resultados obtidos revelaram a existência de onze litofácies, que variam desde arenitos conglomeráticos até xistos argilosos (shale), incluindo litofácies carbonosos que possuem potencial para serem rochas geradoras de hidrocarbonetos. Essas litofácies foram agrupadas em três associações: A (sistemas deposicionais fluviais "braided"), B (lacustrino-deltaicos e pântanos associados) e C (fluviais meandrantos). A definição dessas associações baseou-se na proporção do tipo de carga dominante, na presença de matéria orgânica e nas variações granulométricas.

Em suma, as formações do Karoo podem ter exercido um papel significativo nos sistemas petrolíferos da Bacia do Rovuma, destacando a importância deste estudo para futuras investigações sobre o potencial energético da região

Índice

Agradecimentos	i
Declaração de Honra	ii
Dedicatória.....	iii
Resumo	iv
Lista de figuras	x
Lista de tabelas	xi
Lista de Anexos	xi
Lista de abreviaturas	xii
1. CAPÍTULO I: Introdução.....	1
1.1. Problematização	2
1.2. Relevância do projecto.....	3
1.3. Objectivos	4
1.3.1. Objectivo geral	4
1.3.2. Objectivos específicos	4
2. CAPÍTULO II: Caracterização da área de estudo	5
2.1. Localização da área de estudo.....	5
2.2. Generalidades.....	7
2.2.1. Clima	7
2.2.2. Topografia e Relevo	7
2.3. Enquadramento Geológico.....	7
2.3.1. Geologia Regional	7
2.3.2. Estratigrafia de sequências sedimentar do Graben de Metangula	8
2.3.2.1. Karro inferior.....	9
2.3.2.2. Karro médio.....	9
2.3.2.3. Karro superior	10
2.3.3. Geologia Local	10

2.3.3.1.	Formação de Ecça Grupo	10
3.	CAPÍTULO III: Revisão Bibliográfica	12
3.1.	Ambiente Sedimentar.....	12
3.2.	Fácies sedimentar.....	12
3.3.	Sistemas Depositionais Continentais	13
3.3.1.	Sistema de Leques Aluviais.....	13
3.3.2.	Sistemas fluvias	14
3.3.3.	Sistema fluvial entrelaçados (barided)	14
3.3.3.1.	Condições de Formação dos Sistemas fluvias entrelaçados.....	15
3.3.3.2.	Características Granulométricas dos Depósitos de Rios Entrelaçados.....	15
3.3.3.3.	Classificação por Posição na Bacia.....	16
3.3.3.4.	Depósitos Proximais em Rios Entrelaçados.....	16
3.3.3.5.	Estruturas de Depósitos Proximais em Rios Entrelaçados.....	16
3.3.3.6.	Depósitos Intermédiários em Rios Entrelaçados.....	16
3.3.3.7.	Estrutura dos Depósitos intermédios em Rios Entrelaçados.....	17
3.3.3.8.	Depósitos Distais em Rios Entrelaçados	17
3.3.3.9.	Estruturas Sedimentares dos Depósitos Distais em Rios Entrelaçados.....	17
3.3.4.	Sistema deposicional fluvial Meandrante.....	17
3.3.4.1.	Depósitos Característicos do Sistema deposicional fluvial Meandrante.....	18
3.3.4.2.	Fácies de Point Bar (Barras em pontal).....	18
3.3.4.3.	Formação e Dinâmica das fácies de <i>Point Bar</i>	19
3.3.4.4.	Estrutura e Composição das fácies de Point Bar	19
3.3.4.5.	Fácies de Oxbow Lakes (Meandros Abandonados).....	19
3.3.4.6.	Características Depositionais das fácies de Oxbow Lakes	20
3.3.4.6.1.	Fácies de Levees (Diques Marginais)	20

3.3.4.6.2.	Características Sedimentares Fácies de Levees	20
3.3.4.6.3.	Fácies de <i>Crevasse Splay</i> (Rompimento de Diques Marginais)	20
3.3.4.6.4.	Composição dos Depósitos de <i>Crevasse Splay</i>	21
3.3.4.6.5.	Estruturas Sedimentares dos depósitos do tipo <i>Crevasse Splay</i>	21
3.3.4.6.6.	Fácies de Planície de Inundação (Floodplain)	21
3.3.4.6.7.	Características Geomorfológicas de Fácies de Planície de Inundação.....	21
3.3.4.6.8.	Estruturas Sedimentares e Feições Associadas a Fácies de Planície de Inundação.....	22
3.3.5.	Sistema Fluvial Anastomosado	22
3.3.5.1.	Dinâmica de Sedimentação do Sistema Fluvial Anastomosado	22
3.3.5.2.	Depósitos Associados ao Sistema Fluvial Anastomosado	22
3.3.6.	Sistemas deposicionais lacustris.....	23
3.3.6.1.	Classificação dos Lagos	23
3.3.6.2.	Características Depositionais dos Sistemas Depositionais Lacustres.....	24
4.	CAPÍTULO IV: Materiais e Métodos	26
4.1.	Materiais	26
4.2.	Métodos para a laboração do Projecto Científico	26
4.2.1.	Levantamento Bibliográfico	26
4.2.2.	Descrição de Carotes de Furo	26
4.2.3.	Elaboração os logs sedimentares	27
4.2.4.	Análise de fácies sedimentares	28
4.2.5.	Reconstrução do furo através do Core Scanner.....	29
4.2.5.1.	Fundamentos para a aplicação do método Core Scanner	29
4.2.5.2.	Crítérios utilizados na identificação das fácies sedimentares	29
5.	CAPÍTULO V: Apresentação e Discussão dos Resultados.....	31
5.1.	Litofácies sedimentares.....	31

5.1.1.	Litofácie Gm: Conglomerado Maciço	32
5.1.2.	Litofácie Sgp: Arenito Conglomerático com Estratificação Cruzada Planar.....	32
5.1.3.	Litofácie Sgh: Arenito conglomerático com estratificação horizontal a sub-horizontal.....	33
5.1.4.	Litofácie Sm: Arenito Grosseiro a Fino maciço	34
5.1.5.	Litofácie Sp: Arenito grosseiro a finos com estratificação cruzada planar	35
5.1.6.	Litofácie Sh/Sl: Arenitos grosseiros a fino com estratificação horizontal a sub horizontal	35
5.1.7.	Litofácie Sr: Arenito muito fino a silte com laminação de ripples.....	36
5.1.8.	Litofácie Fsm: Arenito muito fino siltito, xistos argilosos e mudstone maciço	37
5.1.9.	Litofácie Fl: Arenito muito fino, Xisto Argiloso e Mudstone laminados..	37
5.1.10.	Litofácie Fr: Arenito muito fino siltito, xisto argiloso e mudstone com laminações de Ripples	38
5.1.11.	Litofácie C: siltitos e xistos argilosos carbonosos e carvão.....	39
5.2.	Associações de fácies sedimentares.....	40
5.2.1.	Associação de fácies de Preenchimento de Canal Fluvial em Sistemas de Canais Entrelaçados (Associação A).....	42
5.2.1.1.	Descrição	42
5.2.1.2.	Interpretação.....	44
5.2.2.	Associação de fácies de depósitos de Planícies de inundação em ambientes Deltaicos e sistemas fluvial meandrante (Associação B)	45
5.2.2.1.	Descrição	45
5.2.2.2.	Interpretação.....	47
5.2.3.	Associação de fácies de Depósitos de Pântanos Lacustrinos em Ambientes Deltaicos (Associação C).....	48
5.2.3.1.	Descrição	48
5.2.3.2.	Interpretação.....	50

6.	CAPÍTULO VI: Conclusões e Recomendações	51
6.1.	Conclusão.....	51
6.2.	Recomendações.....	52
7.	CAPÍTULO VII: Referências bibliográficas	53
8.	Anexos.....	57

Lista de figuras

Figura 1: Mapa ilustrando a localização geográfica da área de estudo Fonte: Consortium, 2006	6
Figura 2: Mapa de distribuição espacial das bacias do Karoo na África sub-shariana Fonte: Adapta de Catauneau et al, 2005	8
Figura 3: Mapa ilustrativo da geologia da área de estudo e do perfil em estudo (adaptado de Consortium, 2006).	11
Figura 4: ilustra distribuição e composição dos sedimentos fonte: https://www.passeidireto.com. arquivo aula-8-ambientes-sedimentares	12
Figura 5: Representação Sistema de Leques Aluviais. (adaptado de Miall, 1985).	13
Figura 6: Representação Sistema fluvial entrelaçado. (adaptado de Miall, 1985).	15
Figura 7: representação de elementos arquiteturas do rio meandrante, fonte adaptado do Scherrer (2008).	18
Figura 8: Elementos arquiteturais de rios anostomosados, fonte adaptado do Scherrer (2008).	23
Figura 9: Modelo ilustrativo dos diferentes sistemas deposicionais continentais adaptado de Einsele, 1992.	25
Figura 10: Classificação dos sedimentos de acordo com o tamanho do grão Fonte: https://kosthilaire8162.wordpress.com/2015/04/04/grain-size-distribution/	28
Figura 11: Sgm - Arenito Conglomerático Maciço.	32
Figura 12: Sgp - Arenito conglomerático com Estratificação cruzado planar.	33
Figura 13: Sgh Arenito conglomerático com estratificação horizontal a sub-horizontal.	34
Figura 14: Sm Arenito Grosseiro a Fino maciço.	35
Figura 15: Sp - Arenito grosseiro a finos com estratificação cruzada planar	35
Figura 16: Sh/Sl Arenitos grosseiros a fino com estratificação horizontal a sub horizontal.	36
Figura 17: Sr Arenito muito fino a silte com laminação de ripples.	37
Figura 18: Fsm Arenito muito fino siltito, xistos argilosos e mudstone maciço.	37
Figura 19: Fl Arenito muito fino, Xistro Argiloso e Mudstone laminados.	38
Figura 20: Fr Arenito muito fino siltito, xisto argiloso e mudstone com laminações de Ripples.	38
Figura 21: C siltitos e xistos argilosos carbonosos e carvão.	39

Figura 22:Perfil esquemático geral do log do furo JOG16N-6 área de estudo, com distinção das associações de fácies Fonte: elaborado pelo autor 2024.....	41
Figura 23: Detalhes da associação de litofácies A Fonte: elaborado pelo autor 2024 ...	43
Figura 24:Apresenta litofácies de planície de inundação localizadas entre canais distributários deltaicos Fonte: elaborado pelo autor 2024.....	46
Figura 25: Associação de pântanos lacustrinos situados entre canais distributários, caracterizando um padrão CU	49

Lista de tabelas

Tabela 1:Dados referentes ao furo selecionado para o presente estudo	5
Tabela 2:apresenta a codificação das litofácies conforme proposta por Miall (1996) ...	27
Tabela 3ilustra as litofácies identificadas, juntamente com a variação das espessuras observadas em cada uma delas.	31

Lista de Anexos

Anexo 1:Dados da descrição do testemunho de sondagem JOG16N-6 (fonte: O Autor).	58
Anexo 2:Apresentação dos Logs por caixa de carotes de testemunho de sondagem JOG16N-6, e representação das respectivas caixas.....	59
Anexo 3: Demonstração dos ambientes deposicionais interpretados. Fonte: elaborado pelo Autor 2024.....	59

Lista de abreviaturas

ANAG	Armazém Nacional de Amostras Geológicas
Bl	Block
cm	Centímetros
CU	Coarsing Upward
DEM	Digital Elevation Model
DG-UEM	Departamento de Geologia da Universidade Eduardo Mondlane
DNGM	Direcção Nacional de Geologia e Minas
ECL	Empresa de Comercialização de Hidrocarbonetos
ENE	Este-Nordeste
ENH	Empresa Nacional de Hidrocarbonetos
Fg	Figura
FNI	Fundo Nacional de Investigação
FU	Finning Upward
IAS	International Association of Sedimentologists
JOGMEC	Japanese Oil, Gas and Minerals, Electricity Commission
Km ²	Quilómetros quadrados
MAE	Ministério da Administração Estatal
mm	Milímetros
n.m.m.	Nível médio do mar
N	Norte
NW	Noroeste
oC	Graus Celsius
PC	Projecto Científico
S	Sul
SE	Sudeste
UEM	Universidade Eduardo Mondlane
WSW	Oeste-Sudoeste

1. CAPÍTULO I: Introdução

A Bacia sedimentar de Maniamba (ou Graben de Maniamba) apresenta uma estrutura de um graben completo delimitado por falhas que separam os terrenos precâmbrios dos sedimentos do Karoo. Para além de falhas limítrofes, existem no interior da bacia falhas paralelas ao eixo principal do graben e outras normais ao referido eixo. Trata-se de falhas normais e subverticais, o que sugere que a formação desta bacia se deveu a um regime de forças distensivas (Afonso, 1978).

A concordância do alongamento da bacia na direcção NE-SW com a direcção dos alinhamentos, na mesma direcção do Cinturão de Moçambique, leva a supor que a bacia do Karoo se instalou num rifte embrionário pré-Karoo devido ao reajustamento de estruturas precâmbrias. Esta bacia embrionária, à medida que foi sendo preenchida por sedimentos, foi progressivamente afundando-se (Afonso, 1978). Nesta bacia, as formações sedimentares distribuem-se desde o Pérmico Inferior ao Jurássico Inferior, e na sua parte sul encontram-se camadas de carvão.

Os estudos pioneiros realizados por Verniers (1982) foram fundamentais na identificação e caracterização dos depósitos carboníferos da Bacia de Maniamba, destacando sua importância no contexto regional e seu valor económico. Posteriormente, investigações, como as de Catuneanu (2006), reforçaram a relevância da análise das fácies sedimentares para a reconstrução paleoambiental e paleogeográfica das bacias sedimentares do Gondwana, incluindo a Bacia de Maniamba. Esses estudos evidenciam que os sistemas deposicionais presentes na bacia, como os fluviais meandantes, registram variações nas condições ambientais e climáticas do passado, fornecendo informações valiosas sobre a evolução geológica da região.

Há poucos estudos abrangentes sobre a estratigrafia e a evolução geotectónica da Bacia Carbonífera de Maniamba, destacando-se os trabalhos da Norconsult (2007), Verniers et al. (1982), Vale Moçambique (2014), JOGMEC (2015), e algumas teses de graduação, como a de Cumbane (2016), Paz (2018) e os trabalhos sobre a palinologia (Nhamutole et al., 2023).

1.1.Problematização

A Bacia Carbonífera de Maniamba, embora possua características geológicas que sugerem um potencial para a presença de hidrocarbonetos, permanece sub-explorada em comparação com outras bacias sedimentares de Moçambique.

As investigações anteriores focaram predominantemente na qualidade do carvão e na descrição geológica superficial, Veloso Paz (2018) apresentou uma análise detalhada das fácies sedimentares e dos ambientes deposicionais por meio do estudo de uma secção geológica quase ao centro das unidades pérmicas desta bacia. Este leque informativo foi crucial, uma vez que a caracterização das fácies sedimentares não ajuda apenas a identificar as condições de deposição, mas também fornece informações sobre o potencial de geração e a migração de hidrocarbonetos.

Apesar da bacia apresentar potencial para a presença de hidrocarbonetos, como gás seco, conforme indicado por estudos anteriores (ECL & ENH, 2000), a escassez de pesquisa aprofundada sobre as condições de deposição e a história térmica limita a compreensão do seu potencial geológico. Diante do exposto, a problemática central desta pesquisa pode ser formulada na seguinte questão:

Quais as características das fácies sedimentares atravessadas pelo furo JOG16N-6 na Bacia Carbonífera de Maniamba e como elas se relacionam com os ambientes deposicionais?

A análise detalhada da fácies sedimentares permitirá identificar os processos que influenciaram a deposição dos sedimentos e a formação das rochas geradoras.

1.2.Relevância do projecto

O projecto científico constitui um instrumento de produção de informações que reveste-se de grande relevância quer no âmbito científico assim como económico. Considerando que a Bacia Carbonífera de Maniamba é a menos conhecida em relação as outras bacias, ao analisar as fácies sedimentares e os ambientes deposicionais podemos reconstruir ambientes passados e compreender os processos que operaram dentro dela, a análise das fácies sedimentares e dos ambientes deposicionais é fundamental para diversas áreas da geologia. A seguir apresentam-se algumas das áreas com principais relevâncias:

- **Reconstrução paleogeográfica** (Não é objecto de estudo desse projecto): Ao identificar e interpretar diferentes tipos de fácies sedimentares, os geólogos podem reconstruir os ambientes físicos e biológicos do passado (paleoambientes), ajudando a entender como a Terra evoluiu ao longo do tempo geológico. (Smith, J. et al. 2021)
- **Exploração de Recursos Naturais** (Não é objecto de estudo desse projecto): Compreender como os ambientes deposicionais podem auxiliar na prospecção e exploração de recursos naturais, como petróleo, gás natural, água subterrânea e minerais entre outros. Certos tipos de fácies sedimentares são mais propícios à formação e preservação desses recursos, e a análise detalhada dessas fácies pode ajudar na identificação de áreas favoráveis para sua exploração. (Silva & Santos, 2019).
- **Interpretação de Ambientes Actuais**: O estudo das fácies sedimentares e ambientes deposicionais modernos, fornece informações valiosas sobre os processos geológicos em andamento hoje. Isso é importante para entender as interacções entre os sistemas geológicos, climáticos e biológicos e para prever como esses sistemas podem responder a mudanças ambientais futuras. (Gonzalez, M. et al. 2022)..

A análise de fácies sedimentares e ambientes deposicionais é essencial para uma ampla gama de aplicações na geologia, desde a reconstrução do passado geológico da Terra até a exploração de recursos naturais e a gestão ambiental. O estudo das fácies sedimentares e dos ambientes deposicionais contribui para a construção de modelos estratigráficos mais precisos. Isso é fundamental para correlacionar e interpretar as sequências sedimentares da bacia. (Paz, 2018)

1.3.Objectivos

1.3.1. Objectivo geral

- Caracterizar os Sistemas Depositionais da Bacia Carbonífera de Maniamba através do Testemunho de Sondagem JOG16N-6.

1.3.2. Objectivos específicos

- Descrever o testemunho de sondagem armazenado em caixas de carotes do furo JOG16N-6;
- Elaborar “logs” estratigráfico-sedimentar do furo JOG16N-6;
- Analisar a associação de fácies com vista a decifrar os Sistemas Depositionais ao longo da estratigrafia;

2. CAPÍTULO II: Caracterização da área de estudo

2.1. Localização da área de estudo

A área de investigação está situada na margem sudeste do Distrito de Lago, na Província de Niassa, abrangendo aproximadamente 6.580 km² (ver Figura 1). O Distrito de Lago é circunscrito à Norte pela República Unida da Tanzânia, à sul pelo Distrito de Lichinga, à Este pelos distritos de Sanga e pelo Lago Niassa a Oeste (MAE, 2005). As coordenadas dos pontos de perfuração utilizados neste estudo estão detalhadas na Tabela 1.

Tabela 1: Dados referentes ao furo selecionado para o presente estudo

Designação	Este	Norte	Latitude	Longitude	Profundidade	Altitude
JOG16N-6	709,518	8,609,471	12 °57'16''	34 °92' 50''	318 (m)	594

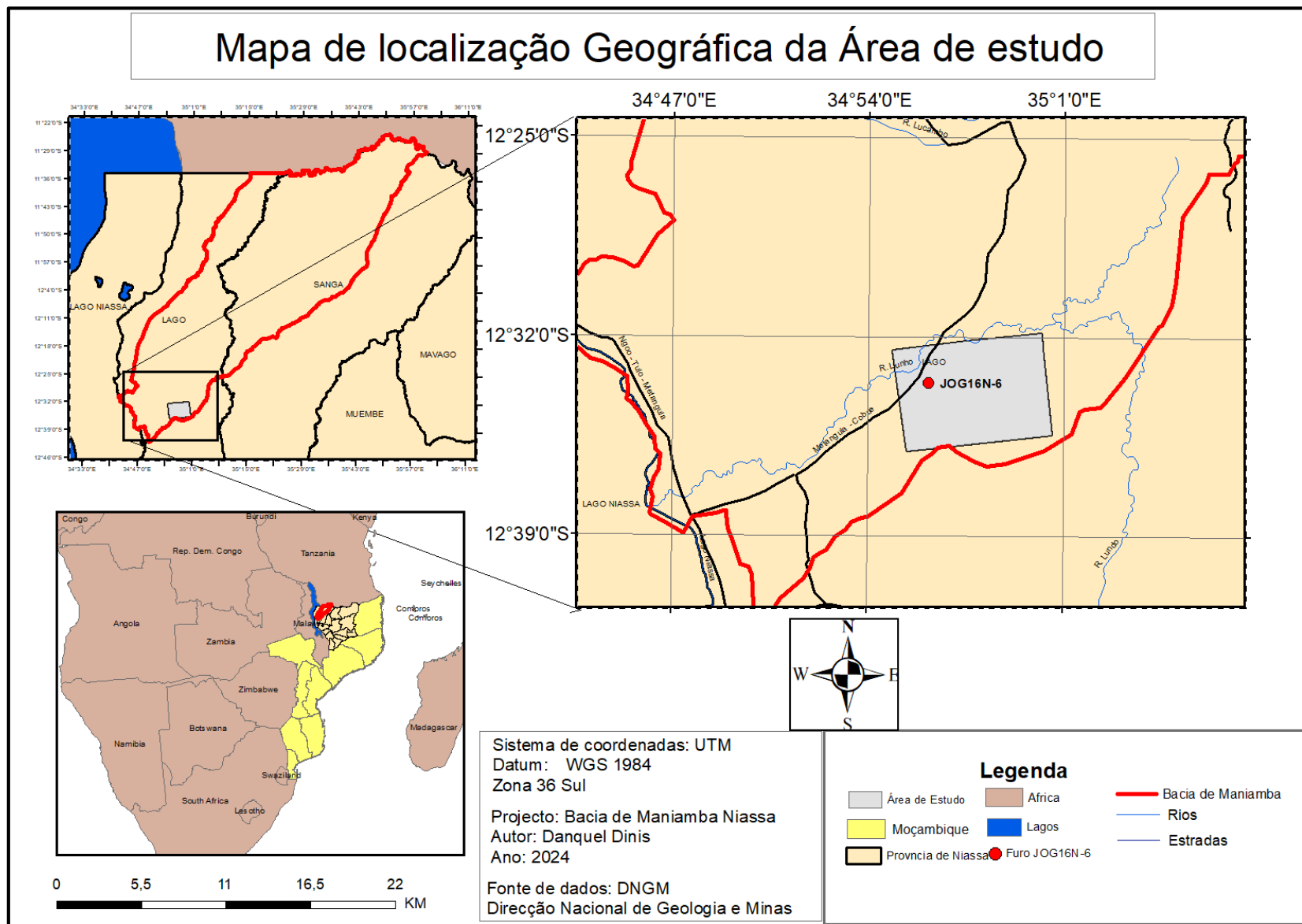


Figura 1: Mapa ilustrando a localização geográfica da área de estudo Fonte: Consortium, 2006

2.2.Generalidades

2.2.1. Clima

O clima do Distrito de Lago é classificado como tropical húmido, apresentando duas estações climáticas distintas: a estação chuvosa e húmida (verão) e a estação seca e fria (inverno). A temperatura média anual oscila entre os 22°C e 24°C, enquanto a precipitação anual média varia de 1.000 á 1.400 mm, com a temporada de chuvas ocorrendo predominantemente entre Novembro de um ano e Abril do ano seguinte. As precipitações são caracterizadas por um regime torrencial e são frequentemente associadas a intensas tempestades (MAE1, 2005).

2.2.2. Topografia e Relevo

Em termos geomorfológicos, o Graben de Metangula é caracterizado por uma depressão tectônica que exhibe um relevo contrastante, com elevações notáveis associadas a montanhas do Pré-câmbrico e áreas deprimidas, resultantes de processos erosivos e da deposição de sedimentos aluviais e coluviais ao longo dos principais rios que atravessam a Província de Niassa (Jourdan e Verniers,1981).

2.3.Enquadramento Geológico

2.3.1. Geologia Regional

A Bacia Carbonífera de Maniamba, está inserida no conjunto das bacias Sedimentares do Karoo da África Austral que tem como modelo a bacia sedimentar carbonífera que se encontra no centro da África do Sul (Bacia do Karoo-Tipo). Os estudos detalhados da Bacia do Karoo-Tipo permitiram a definição de uma estratigrafia composta pelas unidades litoestratigráficas, da base ao topo, Dwyka, Eccu, Beaufort, Stormberg e Drakensberg.(Figura 2)

Em Moçambique a cobertura sedimentar do Fanerozóico compreende todas as litologias depositadas após a orogenia Pan-Africana. O Super Grupo Karoo em Moçambique é composto por Karoo Inferior e Karoo Superior. Do ponto de vista litológico, O Grupo Karoo Inferior compreende a sequência sedimentar depositada durante o Carbonífero Superior e o Triásico Inferior, caracterizada pela ocorrência de depósitos glaciares e peri-glaciares na base, sobrepostos por sedimentos flúvio-glaciares, seguidos de sedimentos flúvio-limínicos (carbonosos e areníticos) (Paulino et al., 2010 citado por Mussa, 2014). As formações que registam estes diferentes ambientes deposicionais são

as seguintes (da mais antiga para a mais recente): Formação de Vúzi; Formação (Gresosa) de Moatize e Formação (Margo-Gresosa) de Matinde.

O Grupo do Karoo Superior, é caracterizado pela continuação do preenchimento das bacias sedimentares, mas em ambiente essencialmente fluvial e com muitas oscilações tectónicas durante o Triásico Superior e o Jurássico Inferior (Paulino et al., 2010 citado por Mussa, 2014), estando presentes rochas magmáticas plutónicas e vulcânicas do Jurássico Inferior, que constituem a Grande Província Ígnea do Karoo. O Karoo Superior é representado por formações que diferem entre bacias, sendo a formação comum a todas, a Formação (Gresosa) de Cádzi. (Consortium, 2006).

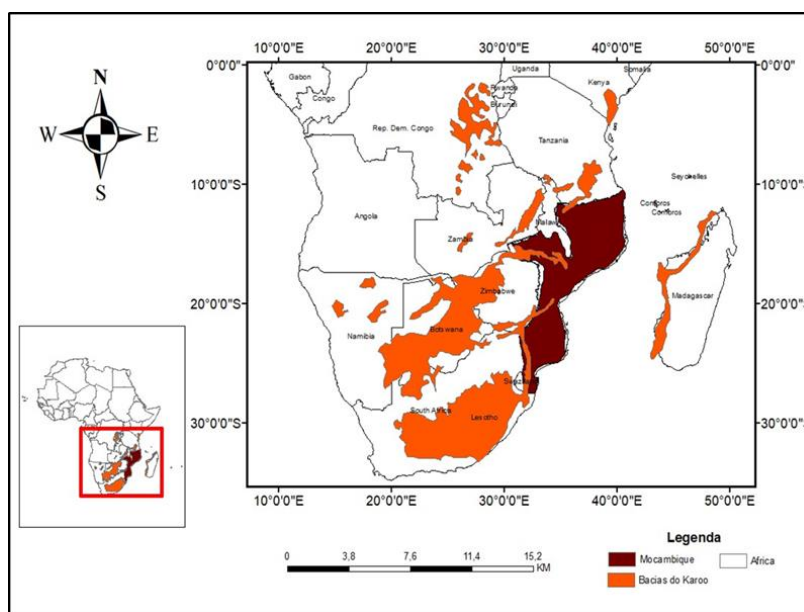


Figura 2: Mapa de distribuição espacial das bacias do Karoo na África sub-shariana Fonte: Adapta de Catauneau et al, 2005

2.3.2. Estratigrafia de sequências sedimentar do Graben de Metangula

A Bacia Carbonífera de Maniamba a principal bacia do Karoo, que preserva sequências estratigráficas que abrangem formações cuja idade variam desde o Carbonífero Superior até o Jurássico Médio. A bacia do Karoo é composta de base ao topo pelas unidades litoestratigráficas Dwyka, Eccu, Beaufort, Stormberg e Drakensberg. Até recentemente, a unidade Dwyka não era reconhecida como um estrato válido nas bacias do Karoo em Moçambique (Afonso,1978). No entanto, a mais recente revisão estratigráfica do Karoo em Moçambique, conforme o mapeamento geológico atualizado na escala 1:250.000, incorporou o Dwyka como uma unidade basal no Graben do Médio Zambeze (Consortium, 2006).

O Supergrupo Karoo é subdividido em três sequências estratigráficas com base na idade das unidades: Karoo Inferior, Médio e Superior. O Grupo Karoo Inferior é notável por suas formações sedimentares depositadas em bacias intracratônicas, apresentando estruturas do tipo graben ou semi-graben. A evolução tectono-sedimentar dessas bacias é intimamente associada às suas litofácies, refletindo um registro de processos geológicos complexos. De acordo com as cartas geológicas e notas explicativas do Consortium (2006), as bacias do Karoo foram predominantemente preenchidas por sedimentos clásticos continentais, datando do Carbonífero ao Jurássico. Entre os depósitos destacados encontram-se tilitos, conglomerados, arenitos, xistos argilosos, xistos carbonosos e camadas de carvão.

Os depósitos do Karoo na Bacia Carbonífera de Maniamba foram recentemente reestruturados em duas principais unidades, denominadas Grupos Ecça e Beaufort, que correspondem às sequências estratigráficas do Karoo Inferior e Médio, respectivamente. Além disso, foram identificadas quatro formações distintas no Karoo Superior, detalhadas como segue: Fúbuè, Mecondece, Tende e Lupilichi (NGU, 2006; Vasconcelos e Achimo, 2010).(figura 3) Essa classificação é baseada em uma análise detalhada das litofácies e da estratigrafia regional, refletindo as variações tectono-sedimentares e as transições ambientais ocorridas ao longo do tempo geológico na bacia de Maniamba.

2.3.2.1.Karro inferior

O Grupo Ecça, apresenta uma espessura aproximada de 343 metros, é subdividido em três unidades estratigráficas distintas. O Ecça Inferior que é caracterizado por depósitos clásticos diversos incluindo, arenitos, siltitos e conglomerados, O Ecça Intermediário, também conhecido como série produtiva, é composto predominantemente por depósitos de siltitos, xistos argilosos carbonosos, arenitos e algumas camadas de carvão, O Ecça Superior que é formado por sedimentos associados a planícies de inundação, incluindo arenitos imaturos e arcósicos, argilitos, xistos argilosos, concreções ferruginosas em margas e conglomerados. (Afonso, R.S. & Marques J., 1994)

2.3.2.2.Karro médio

O Grupo Beaufort, por sua vez, é predominantemente constituído por siltitos esverdeados e argilitos, com a presença de horizontes locais contendo nódulos calcários e fósseis dispersos. Essa composição reflete um ambiente de deposição que variou de

condições fluviais a lacustres, influenciadas por processos sedimentares e diagenéticos. (Afonso, R.S. & Marques J., 1994).

2.3.2.3. Karro superior

As Formações de Fúbuè e Mecondece são compostas predominantemente por arenitos conglomeráticos de granulometria grossa a média, acompanhados por siltitos. Em contraste, as Formações de Tende e Lupilichi são caracterizadas por fácies que consistem maioritariamente em siltitos e arenitos, além de camadas de siltitos intercalados com arenito. Essas formações são interpretadas como depósitos resultantes de ambientes fluviais, especificamente associados a sistemas de rios meandantes e canais entrelaçados, ou a ambientes fluvio-lacustres, com um aumento significativo no conteúdo de argilas nas camadas mais recentes (Vasconcelos e Achimo, 2010, citando NGU, 2006). As sequências fluviais cíclicas são maioritariamente compostas por arenitos e siltitos, com a presença ocasional de conglomerados e camadas de lama. No contexto do Pós-Karoo na Bacia Carbonífera de Maniamba, identificam-se duas formações principais: a Formação de Mikidani, datada do Terciário, e os depósitos aluviais do Quaternário.

2.3.3. Geologia Local

2.3.3.1. Formação de Ecça Grupo

O Grupo Ecça (PeE) abrange as Formações de Ecça inferior, Ecça Intermediário e Ecça Superior, conforme descrito por Verniers et al. (1989). A Formação Ecça inferior é composta predominantemente por arenitos de granulometria fina a média, siltitos, argilitos e algumas lentes de carvão na sua parte superior. Na base, são encontrados arenitos de granulometria média a grossa, além de conglomerados com seixos de até 8 cm de diâmetro.

A Formação Ecça Intermediário é caracterizada por arenitos de cor branca e cinza-esverdeada clara, siltitos vermelhos e cinzentos e argilitos na parte superior. Na porção inferior, há presença de sequências fluviais cíclicas, onde os arenitos são relativamente mais finos do que os encontrados na parte superior (ver na figura 3). A Formação Ecça Superior é composta por arenitos siltosos de cor cinza-esverdeada, siltitos e argilitos, com várias camadas de carvão e intercalações carbonosas. A espessura da formação varia entre 171 e 186 metros, conforme descrito por Verniers et al. (1989). O testemunho de sondagem analisado nesta tese é proveniente desta formação.

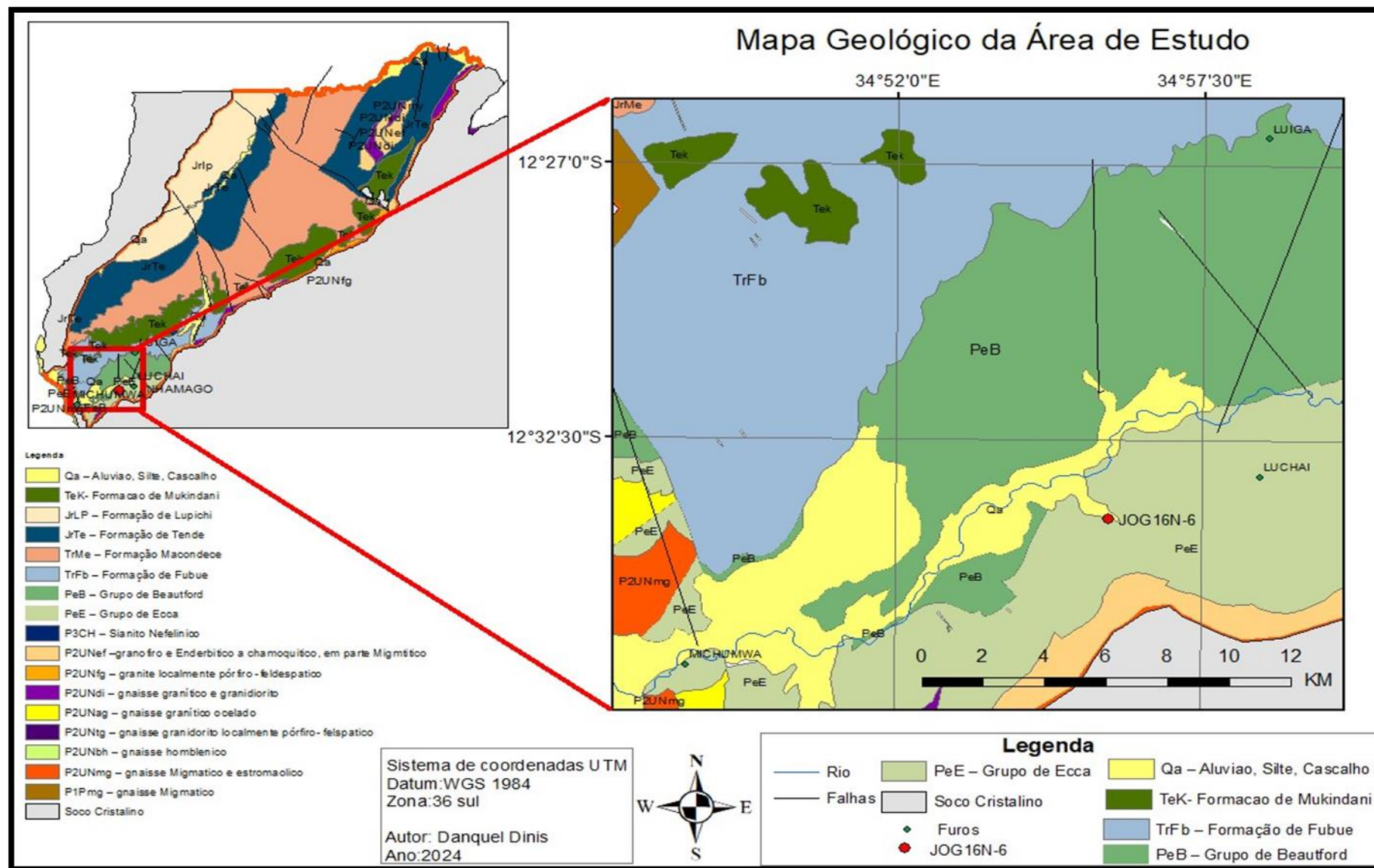


Figura 3: Mapa ilustrativo da geologia da área de estudo e do perfil em estudo (adaptado de Consortium, 2006).

3. CAPÍTULO III: Revisão Bibliográfica

3.1. Ambiente Sedimentar

Um ambiente sedimentar, segundo Gery Nichols (2009), pode ser definido como um sistema geológico no qual os processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos predominam, resultando na formação de rochas sedimentares. Esses ambientes são caracterizados por uma combinação de fatores físicos, químicos e biológicos que interagem para moldar a paisagem e determinar a distribuição e composição dos sedimentos (como ilustra figura 4).

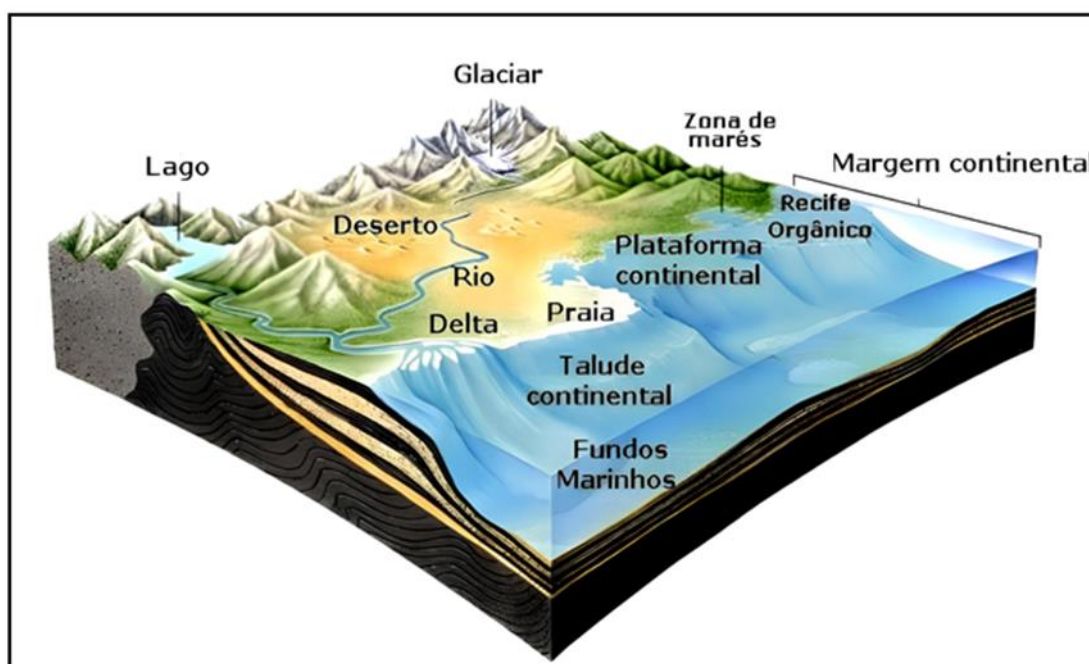


Figura 4: ilustra distribuição e composição dos sedimentos fonte: <https://www.passeidireto.com>. arquivo aula-8-ambientes-sedimentares

3.2. Fácies sedimentar

Uma facie rochosa é um corpo de rocha com características específicas que refletem as condições sob as quais foi formado (Reading & Levell, 1996). Descrever a fácies de um corpo de sedimento envolve documentar todas as características de sua litologia, textura, estruturas sedimentares e conteúdo fóssil, que possam ajudar a determinar os processos de formação. Ao reconhecer associações de fácies, é possível estabelecer as combinações de processos que foram dominantes; as características de um ambiente deposicional são determinadas pelos processos presentes. Portanto, existe uma ligação entre as associações de fácies e os ambientes de deposição.

3.3.Sistemas Deposicionais Continentais

Um sistema deposicional, conforme Miall (1997), citando Posamentier et al. (1988), é uma configuração tridimensional de litofácies geneticamente associadas e interligadas por ambientes e processos sedimentares activos ou inferidos, englobando elementos arquitecturais que refletem condições paleogeomórficas (Nichols, 2009). “Esses sistemas representam os produtos da interação de processos físicos, químicos e biológicos observados em cada ambiente deposicional” (Fávera, 2001). citado por Paz (2018). Os sistemas deposicionais continentais se formam no interior dos continentes, isentos de influência marinha, englobando sistemas de leques aluviais, fluviais, eólicos e lacustres.

3.3.1. Sistema de Leques Aluviais

Leques aluviais (aluvial fans) são sistemas aluviais de padrão distributário, formando depósitos com geometria de leque aberto ou segmento de cone, típicos de planícies ou vales de alto gradiente topográfico (Miall, 1990). Classificam-se em leques dominados por fluxo de gravidade ou por correntes fluviais (figura 5).

Leques dominados por fluxo de gravidade, que podem se estender por centenas de metros a poucos quilômetros, resultam da interação de processos gravitacionais e fluviais (Assine, 2008). Os processos deposicionais principais incluem fluxos de detritos (debris flow) e fluxos fluidizados (sediment fluidal flow) (Lower, 1979).

O fluxo de detritos, onde o sedimento compõe mais de 80% da massa total, deposita blocos e calhaus, podendo ocorrer em canais axiais ou lobos marginais. Pode ser coesivo, gerando conglomerados com suporte de matriz e comportamento laminar devido ao alto conteúdo de sedimentos finos, ou não-coesivo, formando conglomerados com suporte de clastos e menor conteúdo fino.

O fluxo fluidizado (figura 5a) exibe comportamento de fluido viscoso, com características laminares e turbulentas, produzindo conglomerados com fábrica do tipo clast support exibindo gradação normal, dispostos em camadas tabulares ou canalizadas, e sobrepostos por arenitos estratificados (Assine, 2008).

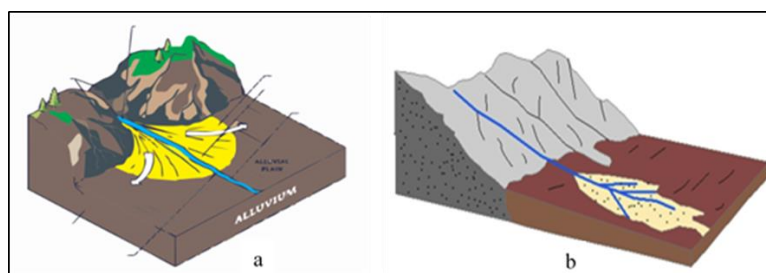


Figura 5: Representação Sistema de Leques Aluviais. (adaptado de Miall, 1985).

3.3.2. Sistemas fluvias

Os sistemas fluviais englobam tanto os depósitos de canal quanto os de planície de inundação (overbank). De acordo com Nichols (2009) e Selley (2000), esses sistemas podem ser subdivididos em três zonas principais, classificadas de acordo com o processo predominante: a zona de erosão, a zona de transição ou não deposição, e a zona de deposição.

Os sistemas fluviais exibem diferentes arquiteturas sedimentares, controladas por factores como tectônica, clima e transporte sedimentar. Esses factores influenciam o nível de base, os padrões dos canais, a variação na declividade, a incisão dos canais, e os processos de agradamento, migração e avulsão de canais (Leeder, 1993; Miall, 1996; Catuneanu, 2006).

O transporte e deposição dos sedimentos fluviais ocorrem principalmente por carga de fundo (arraste, rolamento e saltação) e carga em suspensão, sendo a carga de fundo o principal mecanismo em ambientes fluviais. O transporte por correntes trativas gera diferentes morfologias de formas de leito, como ripples e dunas, dependendo da velocidade do fluxo e da granulometria (Ashley, 1990; Scherer, 2008) citado por Paz 2018. Os padrões morfológicos dos sistemas fluviais, classificados por Miall (1977), incluem canais retilíneos, meandranes, anastomosados e entrelaçados, termos também aplicados aos sistemas deposicionais dominados por processos fluviais (figura 9).

3.3.3. Sistema fluvial entrelaçados (barided)

Os sistemas deposicionais fluviais entrelaçados (braided), são caracterizados pela presença de múltiplos canais entrelaçados, separados por barras de areia e cascalho, que se formam em ambientes de alta energia, como regiões montanhosas ou em áreas de rápida deposição de sedimentos. Estes sistemas estão associados a regimes de fluxo variável, sendo comuns em ambientes onde a carga sedimentar é maior que a capacidade de transporte do rio, resultando na deposição de sedimentos grossos e no desenvolvimento de uma morfologia de canal instável, conforme Miall (1981) e Schumm (1993)

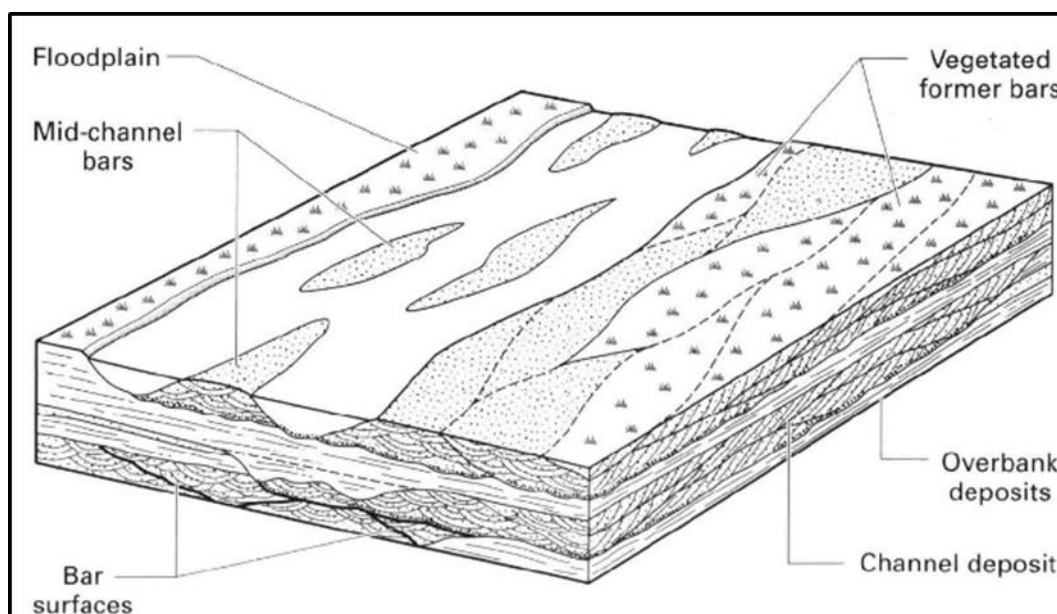


Figura 6: Representação Sistema fluvial entrelaçado. (adaptado de Miall, 1985).

3.3.3.1. Condições de Formação dos Sistemas fluvias entrelaçados

Esses rios desenvolvem-se em áreas com alta variação de descarga e elevado suprimento sedimentar, tipicamente em regiões com declividade acentuada e capacidade erosiva significativa das margens. São comuns em climas muito úmidos ou onde a vegetação é insuficiente para controlar a erosão das margens (Nichols, 2009).

Durante períodos de alta descarga, a grande quantidade de sedimentos transportados leva à formação de barras ou ilhas arenosas quando ocorre a redução da velocidade do fluxo (Bristow, 1987; Bridge, 1993). A arquitetura deposicional inclui complexos de “lençóis” arenosos multi-episódicos, refletindo a dinâmica fluvial intensa e a instabilidade dos canais.

3.3.3.2. Características Granulométricas dos Depósitos de Rios Entrelaçados

Uma característica marcante dos depósitos de rios entrelaçados é a baixa proporção de sedimentos finos na planície de inundação. Além disso, o padrão de variação granulométrica tende a ser do tipo cilíndrico (sem variação significativa do diâmetro médio com a profundidade) e os fining-upward (FU) são fracamente desenvolvidos. Esses aspectos refletem a dinâmica de transporte e deposição desses sistemas fluviais.

As barras de areia e/ou cascalho formadas nos rios entrelaçados ficam expostas durante os períodos de baixa vazão e são inundadas durante as enchentes. O fluxo é relativamente mais forte entre as barras, permitindo o transporte e deposição dos sedimentos mais grossos sobre o leito do canal. (Boggs, 2009)

3.3.3.3.Classificação por Posição na Bacia

Os rios entrelaçados podem ser classificados, de acordo com sua posição na bacia de drenagem, em:

- Proximais: próximos à cabeceira
- Intermediários: em trechos médios
- Distais: próximos à foz

Essa classificação leva em conta fatores como declividade, granulometria dos sedimentos e regime hidrológico, que variam ao longo da direcção longitudinal da bacia.(Nichols,2009)

3.3.3.4.Depósitos Proximais em Rios Entrelaçados

Os depósitos proximais de rios entrelaçados são predominantemente compostos por cascalhos, sendo os conglomerados a litofácie dominante, com características de suporte clástico, apresentando-se na forma maciça ou estratificada. No caso estratificado, formam barras longitudinais que se alinham paralelamente ao canal fluvial, com material depositado durante as enchentes. (Schumm,1993)

3.3.3.5.Estruturas de Depósitos Proximais em Rios Entrelaçados

De forma subordinada, os depósitos incluem conglomerados e arenitos com estratificação cruzada, que se formam durante as fases de inundação das margens e a redução da profundidade do canal. Esses depósitos podem gerar ciclos com padrões de granulometria do tipo fining-upward (FU), variando de pequena a grande escala. (Miall,1981)

As unidades arenosas são frequentemente depositadas em canais abandonados ou em continuidade com as barras de cascalho, à medida que estas emergem durante a diminuição do nível da água. Esse processo reflete a dinâmica sedimentar característica dos ambientes fluviais entrelaçados, onde a interação entre fluxo e sedimentação é constante e complexa.

3.3.3.6.Depósitos Intermédiários em Rios Entrelaçados

Os rios entrelaçados intermediários frequentemente apresentam depósitos cíclicos com padrões granulométricos do tipo fining-upward (FU). Esses depósitos se formam em canais activos e bem definidos, com a carga de fundo predominantemente composta por areia e cascalho, podendo atingir vários metros de espessura.(Miall, 1981)

3.3.3.7.Estrutura dos Depósitos intermédios em Rios Entrelaçados

Os sedimentos mais grosseiros tendem a se concentrar nas partes mais profundas dos canais, formando, ocasionalmente, barras longitudinais de cascalho maciço, caracterizadas por estratificação horizontal mais espaçada e clastos com estrutura de imbricação. Durante as cheias, segmentos parcialmente inativos podem acumular sedimentos de areia e cascalho, refletindo a dinâmica sedimentar característica desses ambientes fluviais. (Nichols,2009).

3.3.3.8.Depósitos Distais em Rios Entrelaçados

Os rios entrelaçados distais são tipicamente largos e rasos, sem uma diferenciação topográfica clara entre as porções ativas e inativas do canal. Os depósitos raramente apresentam ciclicidade e são predominantemente compostos por barras arenosas ou ondas de areia (formadas pela rápida diminuição da capacidade de transporte do rio ao desaguar em um lago), constituindo sucessões de litofácies de arenitos com estratificação cruzada (Nichols,2009).

3.3.3.9.Estruturas Sedimentares dos Depósitos Distais em Rios Entrelaçados

Areias com laminações onduladas e siltes podem ocorrer no topo das barras, refletindo a diminuição da energia do fluxo durante os estágios finais da deposição. A ausência de depósitos cíclicos e a predominância de estruturas relacionadas à desaceleração do fluxo são características marcantes desses ambientes fluviais distais (Schumm 1972).

Em comparação com os trechos proximais e intermediários, os rios entrelaçados distais apresentam uma menor variação granulométrica vertical e uma menor proporção de sedimentos grossos, como cascalhos e conglomerados. Isso se deve à perda gradual de competência do fluxo à medida que o rio se aproxima da foz. (Miall, 1999).

3.3.4. Sistema deposicional fluvial Meandrante

Os rios meandrantés são caracterizados por apresentarem canais com alta sinuosidade. Segundo Miall (1981), eles possuem uma razão largura/profundidade do canal menor, correspondendo aos rios com carga mista na classificação de Schumm (1993), sendo a carga em suspensão dominante. Esses sistemas fluviais ocorrem mais frequentemente em áreas com gradiente topográfico extremamente baixo. Mesmo se as margens do rio forem retilíneas e paralelas, o talvegue (canal mais profundo do leito) apresenta-se mais

ou menos sinuoso. A migração lateral dos canais neste ambiente é marcada pela erosão progressiva das margens côncavas, onde o talvegue se encontra mais próximo da margem, e pela sedimentação nos leitos convexos dos meandros.

3.3.4.1. Depósitos Característicos do Sistema deposicional fluvial Meandrante

A coluna estratigráfica representativa do canal meandrante varia em função da migração dos meandros e da configuração do canal, que envolve barras em pontal, diques marginais e planícies de inundação, além do canal simples (figura 7.) A sequência vertical típica inclui conglomerados na base, seguidos por arenitos com estratificação cruzada e marcas onduladas assimétricas, e pelitos com gretas de contração, podendo haver repetição pela alternância de momentos de sedimentação. (Smith, 1976).

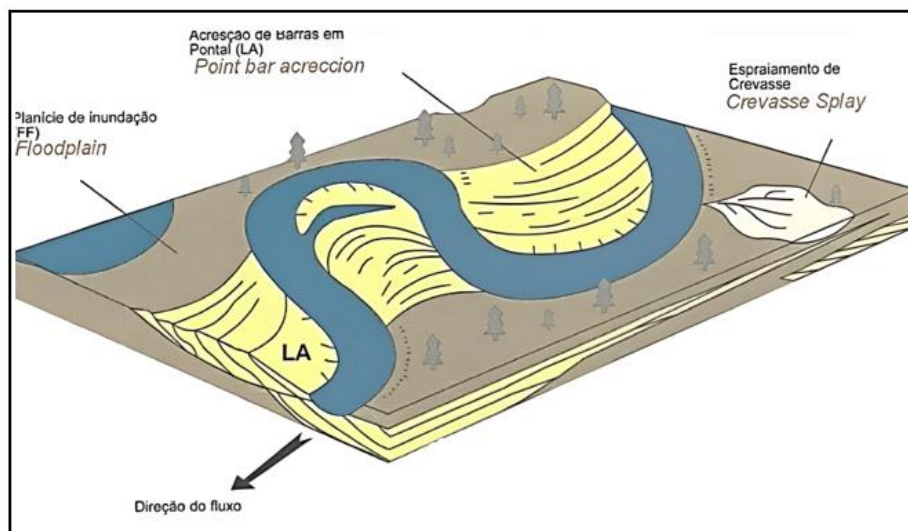


Figura 7: representação de elementos arquiteturas do rio meandrante, fonte adaptado do Scherrer (2008).

3.3.4.2. Fácies de Point Bar (Barras em pontal)

Os depósitos de *point bar* são caracterizados por apresentar padrões de variação granulométrica do tipo *fining-upward* (FU). A base desses depósitos geralmente consiste em materiais do fundo do canal, como arenito muito grosseiro, arenito conglomerático e/ou pedregulhos. Dependendo da secção observada, podem ser identificadas estruturas deposicionais como estratificação cruzada planar ou *hummocky*, além de laminações horizontais à sub-horizontais espaçadas, acompanhadas pela diminuição da granulometria em direção ao topo (Nichols, 2009).

3.3.4.3. Formação e Dinâmica das Fácies de *Point Bar*

Esses depósitos se formam a partir da erosão dos sedimentos das margens côncavas, que são posteriormente depositados nas margens convexas dos meandros durante o processo de migração lateral do canal. O movimento da água, que é mais rápido na parte externa da curva do meandro, transporta sedimentos que se acumulam na parte interna, resultando na formação de point bars (Miall 1981).

3.3.4.4. Estrutura e Composição das Fácies de *Point Bar*

As fácies de point bar frequentemente apresentam-se estratificadas, refletindo a dinâmica de deposição associada ao fluxo do rio. A sedimentação ocorre de forma que os materiais mais grossos se depositam nas partes mais próximas ao canal, enquanto os sedimentos mais finos se acumulam nas áreas mais distantes, resultando em uma sequência estratigráfica que evidencia a variação na energia do fluxo ao longo do tempo. (Miall, 1999).

A acreção lateral, responsável pela natureza das estruturas sedimentares e pela migração do canal e das barras de pontal, depende de vários fatores, destacando-se a sinuosidade do canal e o tipo e quantidade de carga transportada. (Miall, 1999).

A sinuosidade do canal e a carga sedimentar são fatores-chave que controlam a acreção lateral e a migração dos meandros. Canais mais sinuosos tendem a migrar mais rapidamente, enquanto a composição da carga (suspensão, mista ou de fundo) influencia os padrões deposicionais.

Em resumo, a acreção lateral é um processo fundamental na evolução de rios meandrantess, resultando em estruturas sedimentares inclinadas e na migração contínua do canal de ponta de barra, controlada principalmente pela sinuosidade e pela carga sedimentar(Nichols,2009).

3.3.4.5. Fácies de *Oxbow Lakes* (Meandros Abandonados)

Os depósitos de *oxbow lakes* (meandros abandonados) são caracterizados por estratos de granulometria muito fina a argilosa, por vezes com turfa e carvão. Esses sedimentos finos são resultantes da deposição da carga em suspensão nos meandros abandonados, quando o canal encontra um atalho para percorrer.

O canal de atalho que o rio segue, cortando as barras de pontal, pode ser reconhecido pela sua pequena escala e pela presença de cascalhos e estratificações cruzadas

acanaladas, interrompendo a sequência fining-upward (FU) da barra de pontal ou mesmo da planície de inundação (Miall, 1981).

3.3.4.6. Características Depositionais das Fácies de Oxbow Lakes

As fácies de oxbow lakes refletem a diminuição da energia do fluxo e a predominância da deposição de sedimentos finos em suspensão após o abandono do meandro. A presença de turfas e carvão indica condições de baixa energia e acumulação de matéria orgânica em ambientes lacustres ou pantanosos.

3.3.4.6.1. Fácies de Levees (Diques Marginais)

Os diques marginais são corpos elevados e alongados em faixas sinuosas junto às margens do canal, formados durante períodos de inundação. Quando ocorre o extravasamento das águas do canal para a planície de inundação, a velocidade de transporte diminui bruscamente, depositando um leque de areias finas próximo às margens (Nichols, 2009)

3.3.4.6.2. Características Sedimentares Fácies de Levees

Os depósitos associados aos diques marginais caracterizam-se pela presença de camadas de areia de granulometria média a fina, com estratificações onduladas de pequeno porte (centimétricas), associadas a argilas laminadas. Por serem feições elevadas na planície de inundação, frequentemente são cobertas por vegetação, podendo preservar marcas de raízes, fragmentos orgânicos, paleossolos e gretas de contração (Miall, 1981).

Formação e Geometria das Fácies de Levees

A deposição ocorre quando a água extravasa o canal durante as enchentes, perdendo energia e depositando os sedimentos mais grossos próximos ao canal e os mais finos em direção à planície. Isso resulta em corpos alongados e sinuosos, acompanhando a forma do canal fluvial. A geometria dos diques marginais reflete a dinâmica de inundação e a diminuição da energia do fluxo ao se afastar do canal principal. (Miall, 1981).

3.3.4.6.3. Fácies de Crevasse Splay (Rompimento de Diques Marginais)

Durante enchentes de grande porte, a energia do fluxo do rio pode romper os diques marginais, resultando na formação de canais efêmeros e pouco definidos que se espalham sobre os depósitos da planície de inundação. Esses canais geralmente têm

extensão de poucos metros, mas em casos excepcionais podem atingir algumas centenas de metros. Nichols,2009)

3.3.4.6.4. Composição dos Depósitos de *Crevasse Splay*

Os depósitos resultantes do rompimento dos diques marginais, conhecidos como *crevasse splay*, são compostos por areias e argilas que frequentemente se misturam com os depósitos do dique marginal e da planície de inundação. Isso pode resultar na formação de brechas intraformacionais com clastos de argila erodida da própria planície de inundação (Nichols,2009).

3.3.4.6.5. Estruturas Sedimentares dos depósitos do tipo *Crevasse Splay*

As fácies de *crevasse splay* apresentam diversas estruturas sedimentares, incluindo:

- Estratificação cruzada de pequeno porte
- Laminações cruzadas cavalgantes (climbing-ripples)
- Laminações plano-paralelas
- Estruturas de erosão e assoreamento (scour and fill)

Além disso, podem ocorrer estratificações sigmoidais de médio a grande porte. Comumente, os depósitos de *crevasse splay* são cobertos por argilas oriundas da instalação da planície de inundação sucessora, refletindo a dinâmica sedimentar e a interação entre os processos de inundação e deposição. A formação dessas fácies é um indicador importante da variabilidade hidrológica e sedimentar em ambientes fluviais (Miall, 1981).

3.3.4.6.6. Fácies de Planície de Inundação (Floodplain)

A planície de inundação é a área relativamente plana adjacente a um rio, coberta por água durante as épocas de enchente. O termo geralmente se refere às áreas mais baixas desta planície, que são constantemente inundadas (Schumm 1993).

3.3.4.6.7. Características Geomorfológicas de Fácies de Planície de Inundação

A planície de inundação possui forma alongada, onde predominam os processos de suspensão, gerando coberturas centimétricas de areia muito fina à fina, silte e argila uniformemente laminadas. Apresenta-se intensamente vegetada, podendo formar significativos depósitos de restos vegetais e horizontes de solos.(Nichols,2009)

3.3.4.6.8. Estruturas Sedimentares e Feições Associadas a Fácies de Planície de Inundação

As fácies de planície de inundação podem apresentar:

- Laminações plano-paralelas finas e regulares;
- Bioturbação;
- Marcas de raízes;
- Gretas de contracção, e;
- Depósitos de turfa e carvão.

Essas feições refletem a alternância entre períodos de inundação e exposição subaérea, bem como a influência da vegetação e da atividade biológica na sedimentação (Miall, 1981).

3.3.5. Sistema Fluvial Anastomosado

O sistema fluvial anastomosado é caracterizado por complexas redes de canais interconectados e de baixa energia, que se desenvolvem em áreas úmidas e alagadas, onde predominam ilhas alongadas cobertas por vegetação (Smith e Putnam, 1980). (Figura 8) Este sistema possui uma razão largura/profundidade do canal que pode ser inferior a 10 metros (Miall, 1977; 1981).

3.3.5.1. Dinâmica de Sedimentação do Sistema Fluvial Anastomosado

Os sedimentos são normalmente transportados como carga em suspensão, tracção ou uma combinação dos dois (Miall, 1981). A baixa declividade e a sinuosidade dos canais frequentemente causam extravasamento do canal, resultando no rompimento dos diques marginais e na consequente deposição de sedimentos finos.

3.3.5.2. Depósitos Associados ao Sistema Fluvial Anastomosado

Podem ocorrer depósitos de crevasse splay, bem como depósitos de turfeiras de áreas pantanosas e lagos, além de diques marginais (Smith e Putnam, 1980). A vegetação desempenha um papel crucial na estabilidade dos canais, influenciando a dinâmica sedimentar e a morfologia do sistema.

Os sistemas anastomosados são importantes para a biodiversidade, pois criam habitats diversos e funcionam como zonas de amortecimento para inundações. A complexidade

das interações entre os canais e a vegetação contribui para a resiliência do ecossistema, permitindo a adaptação a variações climáticas e hidrológicas.

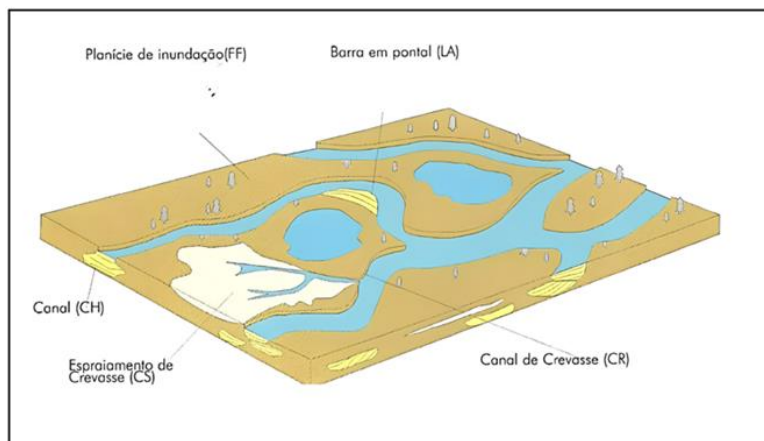


Figura 8: Elementos arquiteturais de rios anastomosados, fonte adaptado do Scherrer (2008).

3.3.6. Sistemas deposicionais lacustres

Lagos são corpos de água sem ligação direta com o mar, cuja formação depende da existência de uma depressão na superfície terrestre e de um balanço hidrológico favorável. Comumente, lagos têm curta duração na escala geológica, surgindo e desaparecendo em um relativo curto espaço de tempo geológico devido à dinâmica dos ambientes deposicionais, como o fechamento de vales fluviais por geleiras, vulcanismo, ilhas-barreira e outros. Entretanto, o mecanismo mais efetivo é o tectônico, marcado pela formação de bacias tipo rift e sinéclises (Freitas, 2007).

3.3.6.1. Classificação dos Lagos

Várias classificações são propostas para os lagos, mas prevalece a classificação de Reineck e Singh (1975) baseada no clima da área do lago, distinguindo dois tipos principais:

- Lagos clásticos: formados por uma faixa externa de cascalhos lacustres, seguida por uma zona de areia, uma zona interna de lama margosa e arenosa, e lama na porção mais central. Podem ocorrer quantidades variadas de matéria orgânica.
- Lagos químicos: formados tipicamente por corpos de água efêmeros que formam depósitos de mudstone com quantidade variável de silte e carbonato disseminado.

3.3.6.2.Características Depositionais dos Sistemas Depositionais Lacustres

Os sedimentos lacustres são extremamente sensíveis a mudanças de temperatura, profundidade e fornecimento de sedimentos, sendo comumente rítmicos e indicando ciclicidade nos controles tectônicos e climáticos. Ciclos de escala métrica são habitualmente utilizados para este tipo de sequência, em muitos casos, forçados por alterações climáticas dos mecanismos de Milankovitch. (Freitas, 2007).

É comum a formação de deltas em lagos hidrologicamente abertos, que tendem a ocorrer em clima temperado e úmido. A deposição predominante é de carbonatos e pelitos, com baixa concentração de matéria orgânica devido à alta taxa de sedimentação. Em lagos fechados, comuns em regiões semi-áridas a áridas, o nível do lago pode variar consideravelmente em função de pequenas variações climáticas (10 a 100 anos), afectando a extensão da praia e zona proximal. Durante longos períodos (milhares de anos), a concentração de elementos químicos de alta solubilidade pode aumentar e precipitar sais (Einsele, 1992).

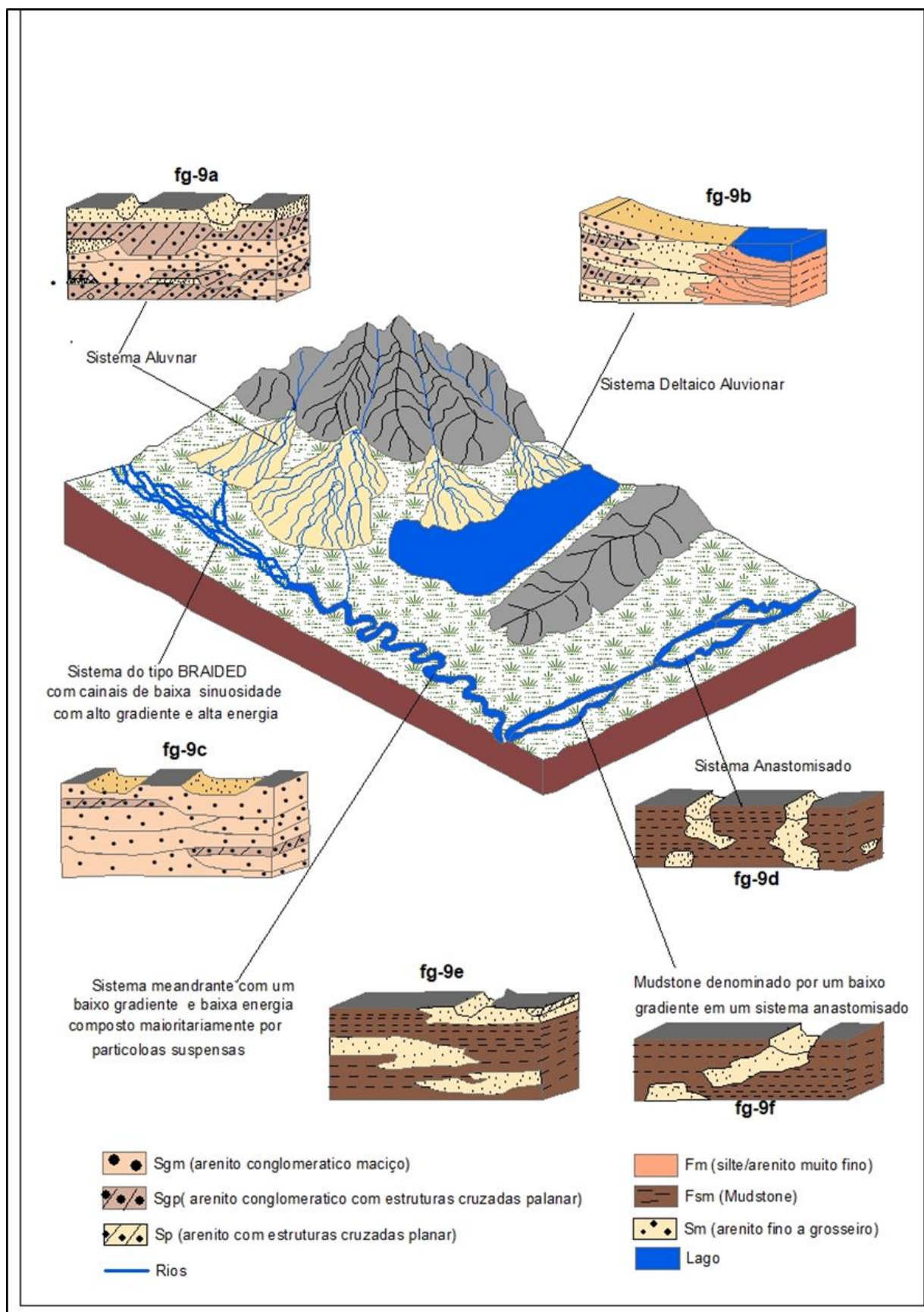


Figura 9: Modelo ilustrativo dos diferentes sistemas deposicionais continentais adaptado de Einsele, 1992

4. CAPÍTULO IV: Materiais e Métodos

4.1. Materiais

Para a elaboração do presente trabalho foram necessários os seguintes materiais listados abaixo:

- Testemunho de sondagem: JOG16N-6, testemunho colhido na Formação de Ecça superior do Graben de Metangula, com as coordenadas: 12°33'36.62''S e 34° 58'46.45''E;
- Materiais básicos de campo: caderneta, escala granulométrica, esferográfica e régua;
- Matérias de limpeza: esponjas e balde com água para limpar a poeira por cima dos testemunhos de carotes de sondagens.

4.2. Métodos para a laboração do Projecto Científico

4.2.1. Levantamento Bibliográfico

Foi realizada uma revisão detalhada de literaturas, de fácies sedimentar e sistemas deposicionais, fundamentos teóricos e práticos sobre a análise de fácies sedimentares e dos ambientes geotectónico-estratigráficos da Bacia Carbonífera de Maniamba.

4.2.2. Descrição de Carotes de Furo

As informações provenientes do processo de descrição de carotes de testemunhos de sondagem foram organizadas em tabelas (vide o anexo 1) com recurso a ferramenta MS Excel. Com vista a facilitar a análise, as informações da descrição dos carotes foram introduzidas no software Sed Log 3.0 para a geração de logs estratigráfico-sedimentares que posteriormente foram redenhados com recurso ao software Corel-Draw 2024 (Demo) e Strater 5. Os mapas apresentados neste relatório foram gerados com recurso ao software ArcGIS 10.8

A descrição dos carotes de testemunhos de sondagens foi realizada segundo a sequência deposicional (da base para o topo), na escala 1:1, usando parâmetros como: estruturas, coloração e granulometria, para o auxílio da análise da granulometria foi usada uma escala granulométrica representada na figura 10. A descrição dos carotes de testemunho de sondagem decorreu entre os meses de Maio e Junho de 2024 no Armazém Nacional de Amostras Geológicas (ANAG).

A limpeza das superfícies dos carotes foi feita com recurso à água e esponja para remover a lama de perfuração e impurezas.

4.2.3. Elaboração os logs sedimentares

A elaboração dos logs estratigráfico-sedimentares foi realizada de acordo com as normas da *International Association of Sedimentologists* (IAS), que estabelece diretrizes e recomendações para garantir que esses registros sejam consistentes, claros e informativos, tanto para a comunidade científica quanto para profissionais da área de sedimentologia. O objetivo principal dessas normas é assegurar a uniformidade e padronização dos dados, facilitando sua comparação e análise entre diferentes estudos e regiões. principal dessas normas é assegurar a uniformidade e padronização dos dados, facilitando sua comparação e análise entre diferentes estudos e regiões.

Tabela 2: apresenta a codificação das litofácies conforme proposta por Miall (1996)

Código de Fácies	Lithofacies	Estruturas sedimentares	Interpretação
Gms	Maciço com cascalho suportado com matriz	Agradacional	Depósitos de fluxo de detritos
Gm	Cascalho maciço ou pobremente acamado	Acamamento horizontal, embricacao.	Barras longitudinais, depósitos resíduas
Gt	Cascalho estratificado	Estratificação cruzada acanalada	Preenchimento de canais
Gp	Cascalho estratificado	Estratificação cruzada planar	Barras longitudinais, crescimento deltáico de antigas barras remanescentes
St	Areia media muito grossa podendo conter seixo	Estratificação cruzada acanaladas isoladas ou agrupadas	Dunas
Sp	Areia media muito grossa podendo conter seixo	Estratificação cruzada planares isoladas ou agrupadas	Barras lingoldes transversais e ondas de areia
Sr	Areia muito fina grossa	Marcas de ondas	Ondulações
Sh	Areia muito fina a grossa, podendo conter seixos	Laminação horizontal, lineação de partição ou de fluxo	Fluxo acamado planar
sl	Areia muito fina a grassa podendo conter seixos.	Estratificação cruzada de baixo ângulo (10°)	Preenchimento de sulcos, erosão de topo da duna.

Se	Sulcos erosionais com intraclastos	Estratificação cruzada incipiente	Preenchimento de sulco
Ss	Areia fina a muito grossa, podendo conter seixos.	Sulcos largos e razos	Preenchimento de sulco
Fl	Areia, Silte e Lama	Laminação fina, ondulações de amplitude muito pequena	Depósitos de transbordamento ou decantação de enchentes
Fsm	Silte e lama	Laminada a Maciça	Depósitos e áreas pantanosas
Fr	Lama	Maciça com mulusco de água doce	Depósitos de pântanos alagadiços
Fm	Lama e silte	Maciça com gretas de contracção	Depósitos de transbordamentos
C	Carvão, lama carbonatica	Vegetais, películas de lama	Depósitos de pântanos
P	Carbonatos	Feições pedogeneticas	Solos

4.2.4. Análise de fácies sedimentares

a análise de fácies sedimentares foi feita em dois estágios: Onde o primeiro estágio consistiu no reconhecimento das fácies que podem ser interpretadas em termos de processos e no segundo estagio foi feita uma associação das fácies que refletiram a composição de processos que actuam em certos ambientes onde a partir dos quais foram definidos os sistemas deposicionais

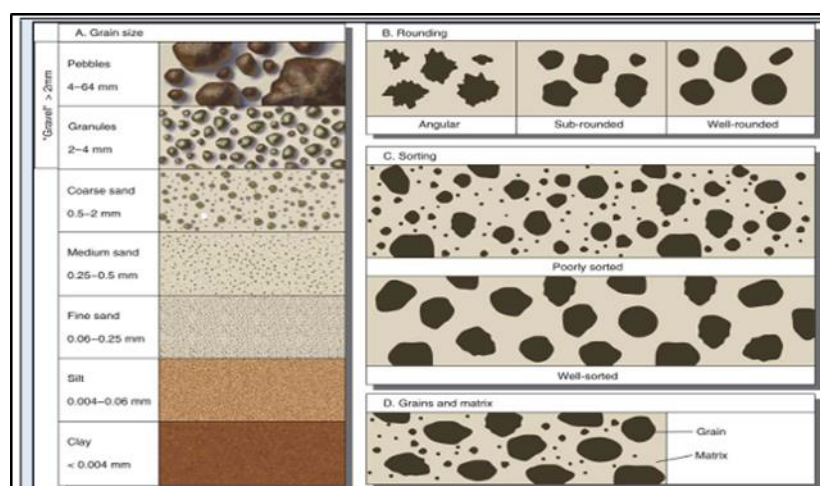


Figura 10: Classificação dos sedimentos de acordo com o tamanho do grão Fonte: <https://kosthilaire8162.wordpress.com/2015/04/04/grain-size-distribution/>.

4.2.5. Reconstrução do furo através do Core Scanner

O scanner de testemunhos de sondagem (core scanner) é uma ferramenta moderna utilizada na caracterização sedimentológica e estratigráfica de testemunhos de sondagem. Ele captura imagens de alta resolução e dados físico-químicos (como densidade, cor, composição elemental, entre outros), permitindo uma análise não destrutiva do testemunho.

O principal objectivo da aplicação do scanner, neste caso, foi a reconstrução do furo e a identificação das fácies sedimentares, que correspondem a conjuntos de características sedimentológicas e texturais que refletem os ambientes de deposição e a dinâmica dos processos sedimentares.

4.2.5.1. Fundamentos para a aplicação do método Core Scanner

- Aquisição de imagens de alta resolução:

Permite observar em detalhe as variações litológicas, estruturas sedimentares e laminações ao longo do testemunho, facilitando a interpretação visual.

- Análise contínua e não destrutiva:

O scanner analisa o testemunho sem necessidade de cortá-lo ou alterá-lo, mantendo a amostra íntegra para futuras análises laboratoriais.

- Integração com outros dados:

As imagens e perfis gerados pelo scanner podem ser integrados a dados petrográficos, geoquímicos e geofísicos, enriquecendo a interpretação das fácies.

4.2.5.2. Critérios utilizados na identificação das fácies sedimentares

A identificação das fácies baseia-se na observação de um conjunto de características sedimentológicas, que podem ser visualizadas diretamente nas imagens do scanner:

- Textura e granulometria:

Variações no tamanho dos grãos (de argila a areia grossa) indicam mudanças na energia do ambiente deposicional. (grãos maiores na base e menores no topo) pode indicar fluxos decrescentes, típicos de ambientes fluviais ou turbidíticos.

- Estruturas sedimentares:

Laminações, estratificações cruzadas, graduações, bioturbações ou marcas de onda visíveis nas imagens ajudam a interpretar processos deposicionais.

- Cor e tonalidade:

Mudanças de cor refletem variações nas condições redox (presença de oxigênio), no conteúdo orgânico ou na composição mineralógica (por exemplo, presença de óxidos de ferro).

- Composição e cimentação:

Identificação de minerais dominantes (quartzo, feldspato, argilas, carbonatos) e grau de cimentação, observável por contraste nas imagens.

- Contacto entre camadas:

Contactos bruscos ou transicionais entre fácies indicam mudanças rápidas ou graduais nas condições deposicionais.

5. CAPÍTULO V: Apresentação e Discussão dos Resultados

5.1. Litofácies sedimentares

Uns totais de onze (11) litofácies foram identificados na descrição dos carotes do furo JOG16N-6, com base em atributos litológicos, texturais, estruturais e composicionais. As associações de fácies nas seções estratigráficas dos logs, exibem padrões cilíndricos ou blocky na base, que transicionam para FU/CU na parte superior da coluna estratigráfica, revelando um padrão simétrico.

Essas litofácies, apresentadas na Tabela 3, refletem a diversidade dos ambientes deposicionais e os processos que actuaram durante a sedimentação. A análise das associações de fácies permite uma interpretação mais aprofundada dos sistemas deposicionais, possibilitando a identificação de horizontes com potencialidade para gerar e/ou hospedar recursos como os hidrocarbonetos, em formações geológicas específicas.

Tabela 3 ilustra as litofácies identificadas, juntamente com a variação das espessuras observadas em cada uma delas.

Litofácies	Esp. máx – min (m)	Litofácies	Esp. máx – min (m)
Sgm	3.00-0.07	Sr	1.90-0.24
Sgp	1.36-0.40	Fsm	6.00-0.60
Sgh	1.07-0.36	Fl	6.00-0.86
Sm	2.96-0.10	Fr	0.74-0.36
Sp	2.94-0.56	C	5.18-0.31
Sh/SI	4.93-0.11	Variação Geral	6.00-0.07

5.1.1. Litofáce Gm: Conglomerado Maciço

Essa litoface indica a presença d conglomerados maciços contendo seixos e calhaus angulosos a subangulosos compostos por quartzo, fragmentos de rochas e feldspatos cristalinos róseos e leitosos, distribuídos de forma caótica sobre a matriz arenosa.

A granulometria varia gradualmente de grossa a fina, mas sem tendências granulométricas significativas. Geralmente, exibem cores que variam de cinza claro, cinza esverdeado a cinza fracamente avermelhado. Em algumas secções específicas, os arenitos exibem estratificação plano-paralela a subhorizontal e, localmente, apresentam uma estratificação cruzada planar incipiente.

Os contactos entre os estratos dessas litofácies geralmente são abruptos e horizontais a sub-horizontais. Em algumas porções, os contatos são abruptos irregulares indicando a ocorrência de eventos erosivos, ou gradacionais formando padrões de variação granulométrica do tipo “FU” (Fining Upward) ou “CU” (Corssing Upword). Essas litofácies são consideradas imaturas, arcósicas e mal seleccionadas, o que sugere proximidade da área fonte. A presença de clastos, seixos e grãos geralmente angulares, juntamente com minerais com formas cristalinas preservadas, indica proximidade da área fonte e/ou transporte limitado. Essas litofácies são interpretadas como depósitos de leques aluviais e/ou canais em sistemas fluviais de canais entrelaçados (braided).

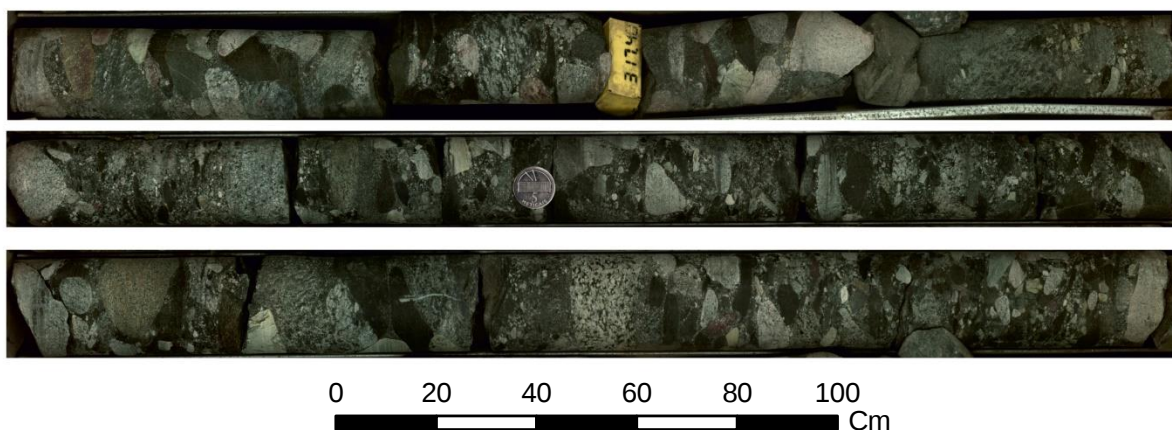


Figura 11: Sgm - Arenito Conglomerático Maciço.

5.1.2. Litofácie Sgp: Arenito Conglomerático com Estratificação Cruzada Planar

Esta litofácie é caracterizada pela presença de arenitos estratificados contendo seixos e calhaus com formas predominantemente angulares a subangulares. Os constituintes do arcabouço do arenito são principalmente compostos por quartzo, feldspatos, micas e fragmentos de rochas. A textura predominante dessa litofácies é caracterizada por uma

granulometria que varia de grossa a fina, geralmente bem sorteada. Localmente, observa-se um aumento ou diminuição na quantidade e tamanho dos seixos em direção ao topo dos estratos. De modo geral, os contactos basais são abruptos planares, porém localmente apresentam gradacionalidade.

A sucessão dos estratos exibe um padrão granulométrico que vai de fino a ultrafino, transicionando para arenitos muito fino com presença de silte, siltitos e siltitos carbonosos.

Os clastos estão distribuídos de forma caótica. Essa litofÁCie exibe cores que variam de cinza claro, cinza escuro a verde escuro. Esses padrões litológicos são indicativos de ambientes de canais de sistema fluvial entrelaçado, mas devido a espessura dos horizontes de granulometria fina para os quais os arenitos grosseiros transitam, e a predominância do padrão granulométrico FU, esta fÁCie, melhor representa os depósitos de barras de meandro típicas de sistemas fluviais meandrantess.

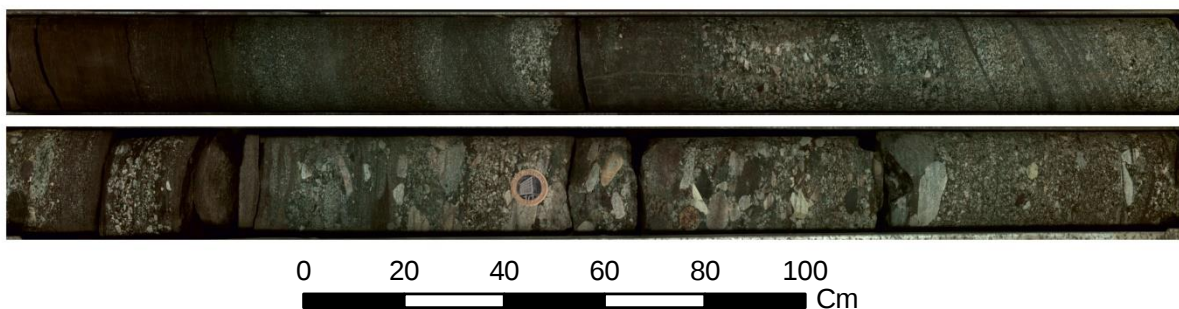


Figura 12: Sgp - Arenito conglomerático com Estratificação cruzado planar.

5.1.3. LitofACE Sgh: Arenito conglomerático com estratificação horizontal a sub-horizontal

Essa litofÁCie é caracterizada por arenitos que variam de grosseiros a finos, contendo seixos e clastos angulares a sub-angulares, incluindo “rip-up clasts”. Os clastos geralmente são compostos por feldspatos cristalinos de tonalidades cinza e castanhas, sendo estes últimos mais comuns em camadas com tonalidades de cinza esverdeado e verde-escuro. As cores predominantes nessas litofÁCies são cinza claro, cinza escuro, cinza esverdeado e verde-escuro. Os grãos predominantes no arcabouço são principalmente quartzo, feldspatos, micas e fragmentos de rochas. Esses grãos são unidos por um material esbranquiçado que não produz efervescência, possivelmente resultado da alteração de feldspatos durante o processo de diagênese. Os arenitos frequentemente exibem estratificação paralela horizontal a sub-horizontal. Os contatos basais são geralmente abruptos, horizontais a sub-horizontais, irregulares e, em alguns

casos, gradacionais. Quando os contatos são gradacionais, o tamanho e a quantidade de clastos diminuem em direção ao topo da sucessão, com transição para arenitos grosseiros maciços ou com estratificação horizontal a sub-horizontal incipiente. Essas litofácies são interpretadas como sendo fácies de canais em sistemas fluviais entrelaçados ou meandrantas, neste último caso quando ocorrem "rip-up clasts"

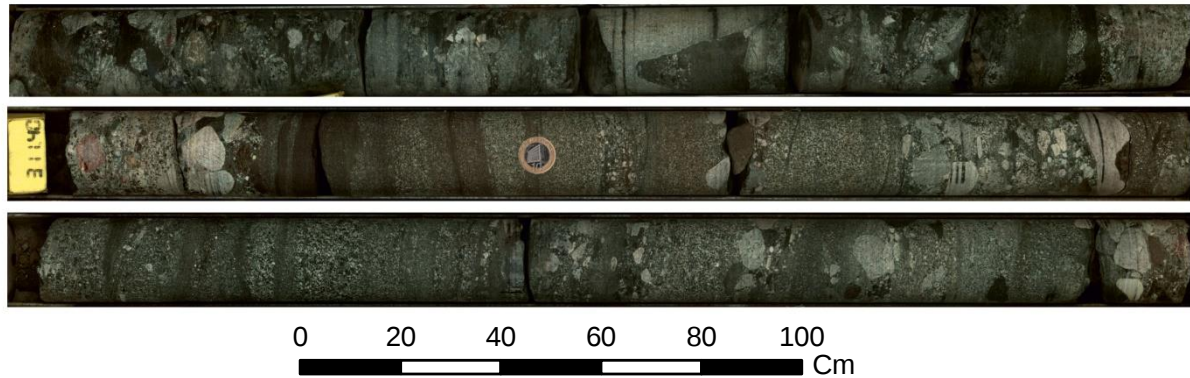


Figura 13: Sgh Arenito conglomerático com estratificação horizontal a sub-horizontal.

5.1.4. Litoface Sm: Arenito Grosseiro a Fino maciço

Essas litofácies consistem em arenitos que variam de grosseiros a finos, sendo maciços em sua maioria. Localmente, podem apresentar estratificação paralela horizontal a sub-horizontal incipiente. Os grãos predominantes no arcabouço são quartzo, feldspatos alterados, fragmentos de rochas, siltito carbonoso e, ocasionalmente, "rip-up clasts", embora estes dois últimos sejam encontrados com menos frequência.

Essas litofácies geralmente exibem padrões de variação granulométrica do tipo Blocky ou FU. Os contatos na base são geralmente suaves (gradacionais), mas às vezes bruscos (abruptos) e, localmente erosivos. Isso sugere que essas rochas foram depositadas rapidamente em canais de rios que se entrelaçavam ou meandrantas ao longo do tempo. Se a sequência de rochas termina com lama ou lama carbonosa, isso pode ser indicativo de canais abandonados em sistemas fluviais meandrantas ou de rápida subsidência da bacia.

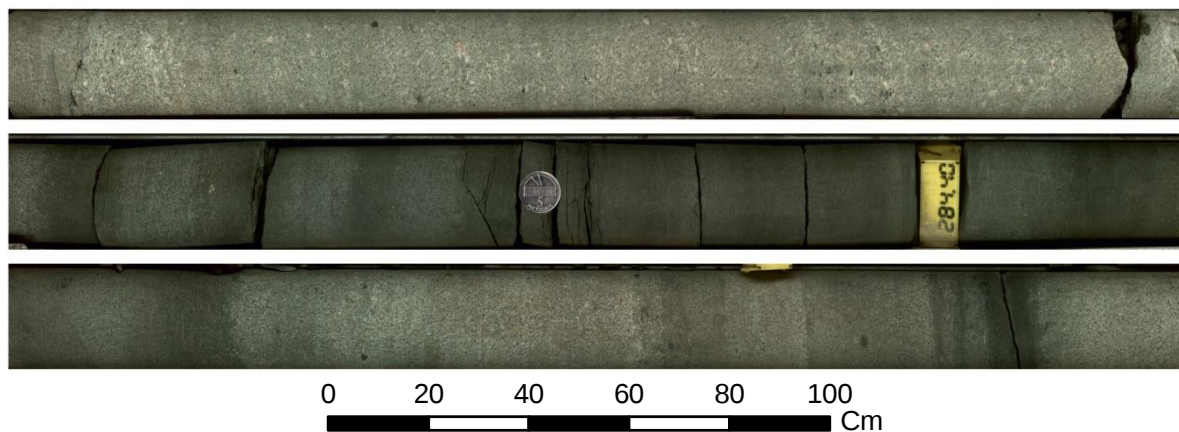


Figura 14: Sm Arenito Grosseiro a Fino maciço.

5.1.5. Litoface Sp: Arenito grosseiro a finos com estratificação cruzada planar

Essas litofácies consistem em arenitos que variam de grosseiros a finos, sendo ricos em mica e exibindo estratificação cruzada planar, localmente, podem conter fragmentos de siltito carbonoso dispersos e "rip-up clasts" subarredondados.

Esses arenitos geralmente apresentam cores como cinza clara com leve tonalidade esverdeada, cinza escuro, castanho levemente avermelhado e verde com variações claras e escuras. Em algumas seções, nota-se a presença de pó esbranquiçado, possivelmente caulinita. Os padrões de variação granulométrica são predominantemente do tipo CU e FU. Os contatos basais são normalmente abruptos e planares, com algumas áreas apresentando gradacionalidade. Essas litofácies sugerem deposição em ambientes de canais em sistemas fluviais entrelaçados ou meandranes.



Figura 15: Sp - Arenito grosseiro a finos com estratificação cruzada planar

5.1.6. Litoface Sh/Sl: Arenitos grosseiros a fino com estratificação horizontal a sub horizontal

Os arenitos descritos são predominantemente compostos por quartzo, feldspatos alterados e uma proporção menor de micas. Eles exibem uma variedade granulométrica que vai desde grosseiros a finos, e uma distribuição de grãos que varia de mal a bem

sorteados. As cores observadas incluem cinza avermelhado, cinza castanho avermelhado, cinza claro, creme, cinza esverdeado e verde-escuro pálido. A estrutura laminada plano-paralela é mais proeminente em algumas porções do que em outras com laminação ocasional de ripples.

Essas litofácies geralmente ocorrem intercaladas ou interestratificadas com arenitos muito finos e siltitos, localmente contendo “rip-up clasts”. Os contatos basais são predominantemente do tipo abrupto planar, embora contatos irregulares também ocorram, mas menos frequentemente. Elas exibem padrões de variação granulométrica do tipo FU, serrilhado e cilíndrico. Essas litofácies podem representar diversos ambientes deposicionais de canal, tais como, em sistemas deposicionais fluviais meandantes, entrelaçados ou distributários, bem como ambientes lacustres.

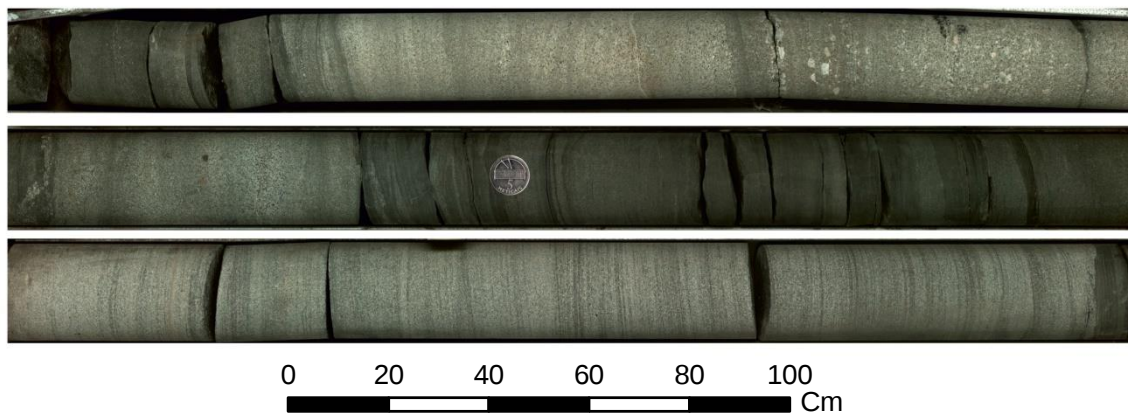


Figura 16: Sh/SI Arenitos grosseiros a fino com estratificação horizontal a sub horizontal.

5.1.7. Litifacie Sr: Arenito muito fino a silte com laminação de ripples

Essa litofácie consiste em arenitos com granulometria fina a muito fina, predominantemente micáceos e bem classificados, exibindo laminações de ripples. Ocasionalmente, podem conter clastos de quartzo e feldspatos angulares a sub-arredondados, além de matéria orgânica dispersa.

Os arenitos finos a muito finos geralmente exibem baixos teores de mica e um padrão granulométrico do tipo FU, caracterizado pela transição gradual de tonalidades que variam de creme para verde-escuro pálido, cinza-claro e castanho fracamente avermelhado, eventualmente chegando a cinza ou verde-escuro. Ocasionalmente, apresentam padrões granulométricos do tipo CU ou estar intercalados com mudstone, xisto, ou xisto carbonoso. Essas litofácies indicam ambientes de deposição de baixa

energia, sugerindo possíveis origens em pântanos lacustres e/ planícies de inundação, levees e crevasse splays.

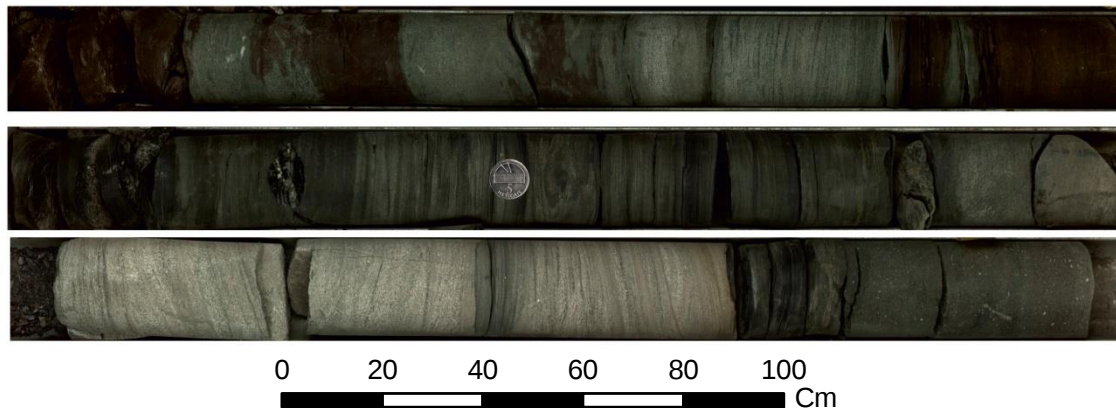


Figura 17: Sr Arenito muito fino a silte com laminação de ripples.

5.1.8. Litoface Fsm: Arenito muito fino siltito, xistos argilosos e mudstone maciço

Essas litofácies consistem em depósitos com granulometria muito fina a extremamente fina, predominantemente maciços, ocasionalmente contendo mica, e intercalados com mudstone carbonáceo. O mudstone geralmente exibe tonalidades de verde-escuro, com ou sem tons pálidos, castanho avermelhado, cinza escuro e creme; em alguns casos, há mistura de cores resultando em textura mosqueada. Essas litofácies indicam deposição em ambientes de baixa energia, como planícies de inundação e oxbow lakes.

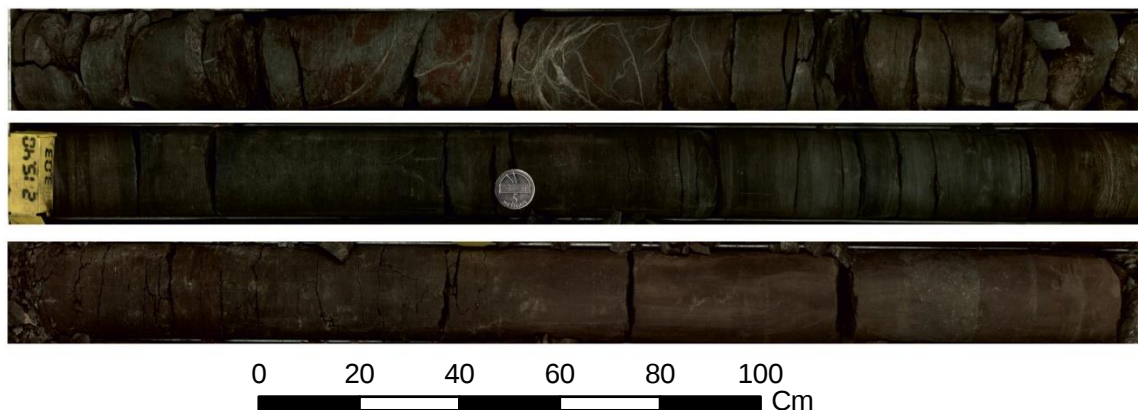


Figura 18: Fsm Arenito muito fino siltito, xistos argilosos e mudstone maciço.

5.1.9. Litoface Fl: Arenito muito fino, Xisto Argiloso e Mudstone laminados

Este conjunto de litofácies consiste em arenitos siltosos de granulação fina a muito fina, laminados e ricos em minerais micáceos. Apresentam coloração predominantemente cinza escura e verde-escuro. Localmente, há presença de intraclastos dispersos incorporados em siltitos ou mudstones carbonáceos. A matriz ao redor dos intraclastos

exibe deformações, indicativas de compactação diferencial. Essas características são interpretadas como depósitos de overbank em sistemas fluviais meandrantos.

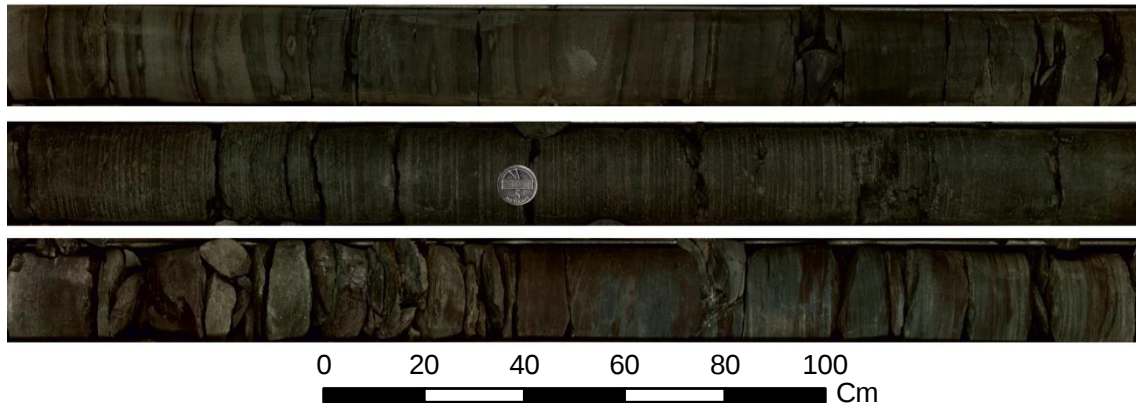


Figura 19: Fl Arenito muito fino, Xistro Argiloso e Mudstone laminados.

5.1.10. Litoface Fr: Arenito muito fino siltito, xisto argiloso e mudstone com laminações de Ripples

Estas litofácies descritas consistem em rochas de granulação fina a muito fina, incluindo arenitos muito finos e, siltitos caracterizados por laminação de ripples, e xistos argilosos. Essas rochas são predominantemente compostas por minerais micáceos e exibem uma distribuição de grão bem sorteado. Os siltitos frequentemente apresentam conteúdo carbonáceo, resultando em tonalidades de cinza escuro e cinza verde escuro. Esses litofácies são tipicamente encontrados em associação com depósitos de levee, crevasse splay e planície de inundação em sistemas deposicionais fluviais meandrantos.

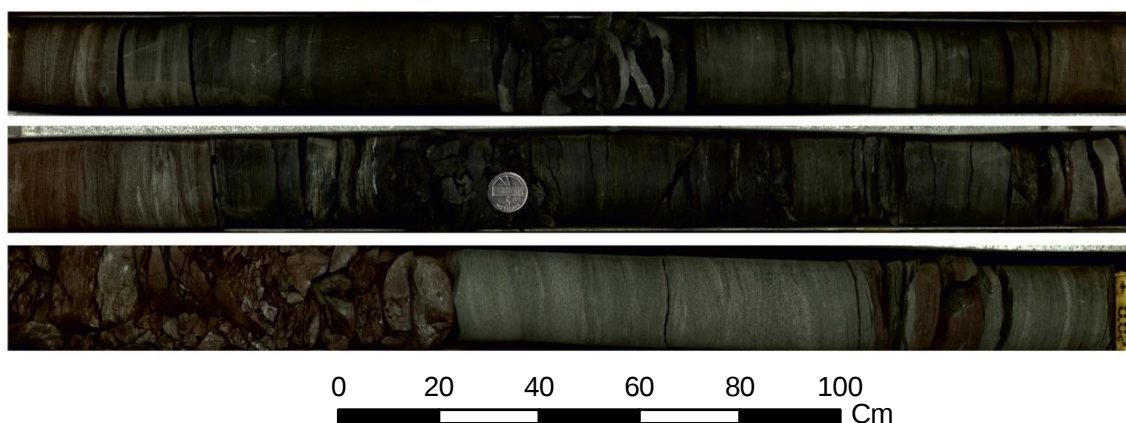


Figura 20: Fr Arenito muito fino siltito, xisto argiloso e mudstone com laminações de Ripples.

5.1.11. Litoface C: siltitos e xistos argilosos carbonosos e carvão

Esta litofácie composto por siltitos, xistos argilosos carbonosos (shale) e carvão, ocorrem em camadas alternadas ou intercaladas, geralmente apresentando uma estrutura maciça e compacta, com uma coloração que varia de cinza escuro à preto. Essas rochas frequentemente exibem a preservação de icnofósseis de marcas de folhas e ramos, presumivelmente pertencentes a plantas como glossopteris. Esses tipos de rochas são interpretados como representativos de ambientes sedimentares de pântanos lacustres ou planícies de inundação.

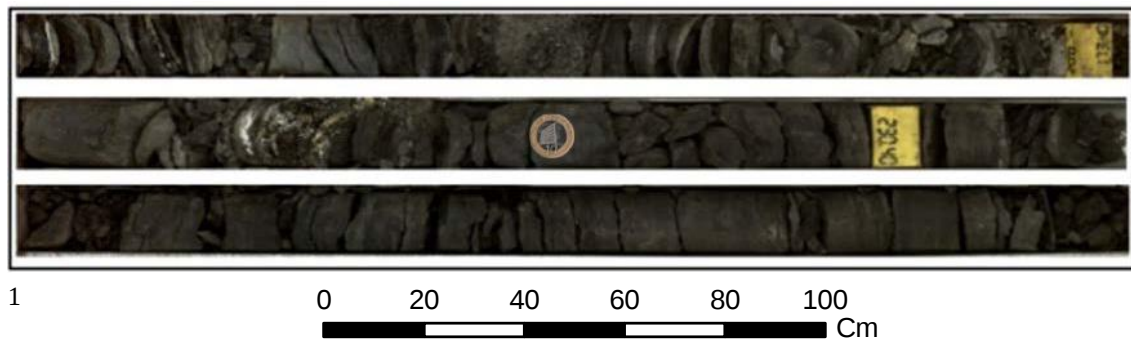
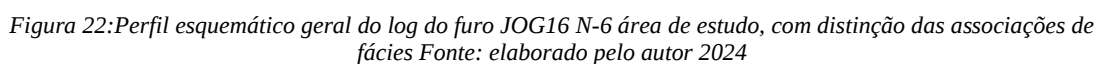


Figura 21: C siltitos e xistos argilosos carbonosos e carvão.

5.2.Associações de fácies sedimentares

A individualização das fácies sedimentares e a identificação dos processos sedimentares responsáveis pela deposição/formação de cada uma das fácies, permitiram o agrupamento das litofácies descritas em associações de fácies congêntas. A Figura 22 ilustra, de forma esquemática como essas associações de fácies se distribuem na região segundo a sequência dos estratos no testemunho do furo em estudo (JOG16N-6). É relevante destacar a tendência geral do testemunho de sondagem, onde as fácies mais grosseiras predominam na base, gradando para fácies de areia média a fina em direção ao topo. Particularmente, na base do testemunho de sondagem JOG16N-6, encontram-se arenitos conglomeráticos, que são caracterizados por sua composição e estrutura, sugerindo um ambiente de deposição que pode ter sido influenciado por fluxos aquosos esporádicos e de alta energia. Essa representação é uma síntese geral da formação na área em estudo, refletindo a complexidade e a variabilidade das fácies sedimentares presentes. As análises de fácies sedimentares e da arquitetura deposicional proporcionaram uma melhor compreensão da distribuição e evolução dos litótipos sedimentares da Bacia Carbonífera de Maniamba. Foram detalhados os conjuntos previamente identificados em associações de fácies.



5.2.1. Associação de fácies de Preenchimento de Canal Fluvial em Sistemas de Canais Entrelaçados (Associação A)

5.2.1.1.Descrição

Esta associação constitui a base do testemunho de sondagem descrito e comporta os litofácies Sgm, Sgp, Sgh, Sm, Sl, Sh e Sp como principais (figura 23), e os litofácies Sr, Fm, Fl e Fr como subordinados. As litofácies principais compreendem corpos areníticos amalgamados com padrões de variação granulométrica do tipo FU, CU e Bl, algumas vezes com eventos cíclicos. Estes litofácies foram interpretados como fácies de preenchimento de canal fluvial de um sistema de canais entrelaçados (braided).

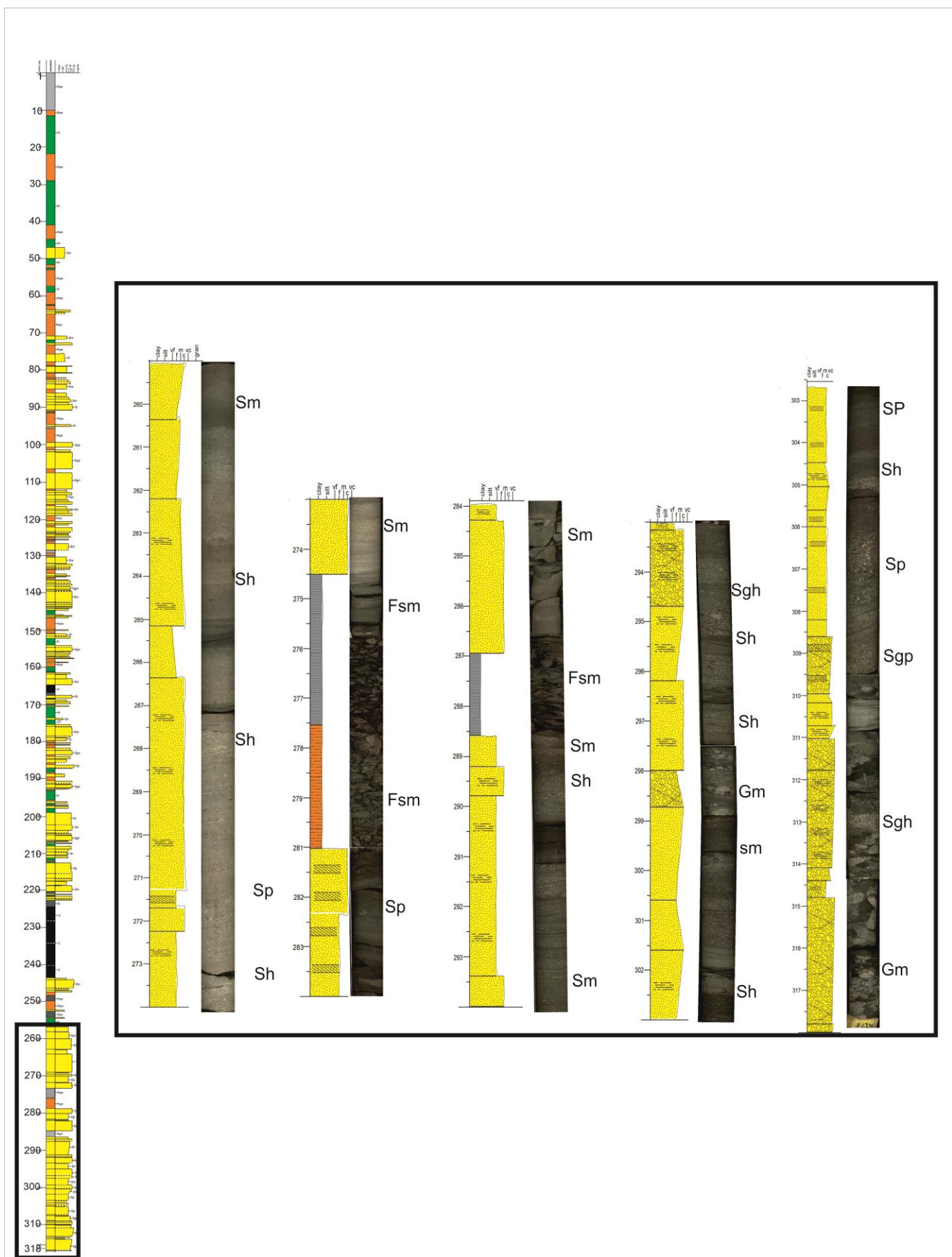


Figura 23: Detalhes da associação de litofácies A Fonte: elaborado pelo autor 2024

5.2.1.2. Interpretação

Os litofácies encontrados na base dos testemunhos de sondagem (Sgm, Sgp, Sgh, Sm, Sl, Sh e Sp) são comuns em ambientes fluviais. De acordo com Miall (1996) e Nichols (2009), esses litofácies podem ser associados a diferentes componentes de um sistema fluvial.

- As litofácies Sgm, Sgp, Sgh representam arenitos conglomeráticos com granulometria que variam de grosseiro a médias com estratificação cruzada, indicativas de depósitos de barras fluviais ou de margens de canais.
- A litofácie Sm: representa arenitos com estratificação planar, sugerindo depósitos de planícies de inundação ou margens de canais.
- A litofácie Sl: Indica arenitos laminados, que podem ser associados a depósitos de planícies de inundação ou zonas de margem de canal.
- A litofácie Sh: apresenta Arenitos com estratificação cruzada em ângulo, típicas de depósitos de dunas fluviais.
- A litofácie Sp: Arenitos com estratificação cruzada planar, que podem ser encontradas em depósitos de barras fluviais ou lagos e margens de lagos.

A presença desses litofácies sugere um ambiente de canais entrelaçados (braided), caracterizado por múltiplos canais que se dividem e se reúnem, formando barras e ilhas fluviais. Esse tipo de sistema é comum em ambientes fluviais de alta energia, onde a carga sedimentar é significativa (anexo 3).

Os padrões de variação granulométrica do tipo FU, CU e Bl indicam mudanças na energia do fluxo de água e na carga sedimentar. Esses padrões são típicos de ambientes fluviais, onde a energia do fluxo varia ao longo do tempo.

A presença de eventos cíclicos sugere que o sistema fluvial foi influenciado por mudanças periódicas na carga sedimentar ou na energia do fluxo, possivelmente devido a variações climáticas ou tectônicas.

A associação de litofácies e os padrões de variação granulométrica acima referidos indicam que foi depositada em um ambiente de canais entrelaçados, caracterizado por alta energia e variações significativas na carga sedimentar. Essa interpretação é consistente com os modelos de Miall (1996) e Nichols (2009) para sistemas fluviais entrelaçados (braided).

5.2.2. Associação de fácies de depósitos de Planícies de inundação em ambientes Deltaicos e sistemas fluvial meandrante (Associação B)

5.2.2.1.Descrição

Nesta associação, as litofácies principais são Fsm, Fl, Fr e Sm, enquanto as litofácies secundárias são Sgm, Sgp e Sp, com texturas variando de fina a média. Os padrões granulométricos observados são Bl, CU e FU (figura 24).

Essas litofácies estão frequentemente alternados com litofácies de granulação fina a muito fina, como lama, silte e areia carbonácea muito fina, e foram interpretados como facies da planície de inundação, incluindo canais abandonados, levees, crevasse splays e lagoas do tipo oxbow.

Além disso, o padrão serrado, caracterizado por ciclos de camadas finas que aumentam a espessura em direção ao topo (padrão CU), sugerem um empilhamento progradante da bacia por canais distributários meandranes de sistemas deltáicos que desembocam em lagoas.

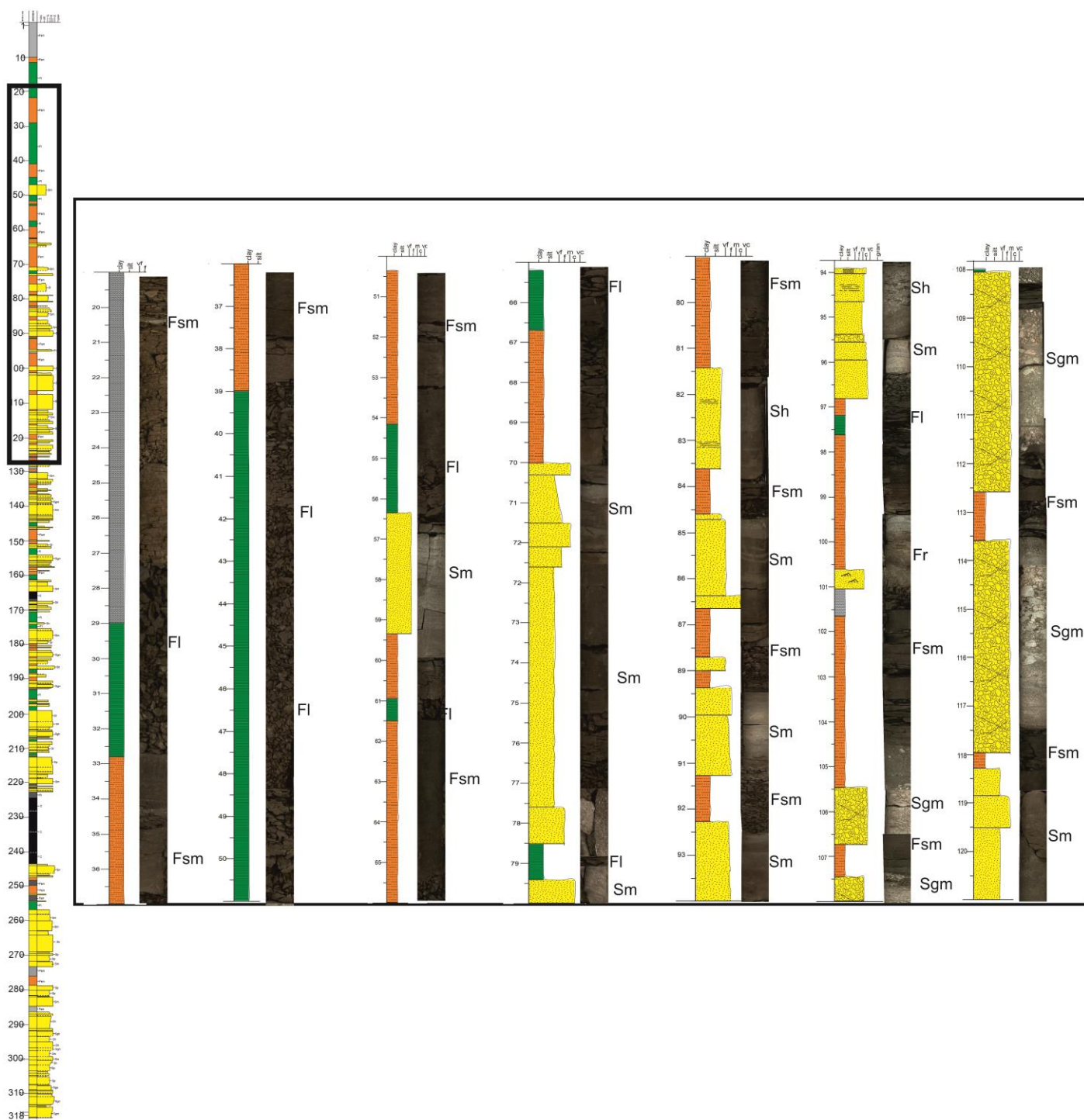


Figura 24: Apresenta litofácies de planície de inundação localizadas entre canais distributários deltaicos Fonte: elaborado pelo autor 2024

5.2.2.2. Interpretação

A associação de litofácies de Depósitos de Planície de Inundação e Ambientes Deltaicos e Sistema fluvial Meandrante inclui os litofácies principais Fsm, Fl, Fr e Sm, e os litofácies subordinados Sgm, Sgp e Sp, com textura variando de fina a média. Esses litofácies são típicos de ambientes de planície de inundação e sistemas deltáicos, como descrito por Miall(1996) e Nichols(2009).

A presença de litofácies como Fsm, Fl e Sm sugere depósitos de planície de inundação, incluindo canais abandonados, leves, crevasse splay e lagoas do tipo oxbow. Isso é consistente com os modelos de Miall (1996) e Nichols (2009) para sistemas fluviais e deltáicos (anexo 3).

Os padrões granulométricos do tipo Bl, CU e FU indicam mudanças na carga sedimentar e na energia do fluxo. Esses padrões são comuns em ambientes lacustres e deltaicos, onde flutuações eustáticas e/ou meandramento de canais distributários podem influenciar a sedimentação. Veloso Paz (2018) destaca a importância desses padrões na interpretação de ambientes deposicionais complexos.

O padrão serrado, com ciclos de camadas finas que aumentam a espessura em direção ao topo (padrão CU), sugerem um empilhamento progradante da bacia por canais distributários meandantes de sistemas deltaicos que desembocam em lagoas. Isso é coerente com a interpretação de Miall (1996) e Nichols (2009) para sistemas deltaicos, onde a sedimentação é influenciada por flutuações no nível do mar e pela dinâmica dos canais distributários.

A combinação de litofácies e padrões granulométricos sugere que a associação B, representa depósitos de planície de inundação e ambientes deltáicos como resultado da migração de canais, flutuações no nível de água na bacia ou ciclicidade climática com períodos alternados de alta e baixa energia de deposição.

A associação B, reflete depósitos de planície de inundação em ambientes deltáicos, com influência de canais distributários meandantes que desembocam em lagoas. A combinação de litofácies e padrões granulométricos observados reforça a interpretação de um ambiente de planície de inundação e de empilhamento progradante da bacia por canais distributários. Essa interpretação está alinhada com os modelos de Miall (1996), Nichols (2009) e Veloso Paz (2018), para sistemas fluviais e deltáicos.

5.2.3. Associação de fácies de Depósitos de Pântanos Lacustrinos em Ambientes Deltáicos (Associação C)

5.2.3.1. Descrição

A associação contém as principais camadas de carvão descritas no testemunho de sondagem, com litofácies C dominando sobre litofácies Fl e Fsm. Comumente, os dois conjuntos de litofácies (carvão, siltitos carbonosos e xistos argilosos carbonosos) ocorrem interestratificados com padrões granulométricos predominantemente do tipo serrado. Esses padrões são alternados com arenitos muito finos, siltitos e xistos argilosos maciços e/ou laminados, desenvolvendo padrões CU cíclicos localizados (figura 25).

Fósseis vegetais, particularmente folhas de glossopteris, são frequentemente associados a essas litofácies. A predominância de carvão e litofácies comumente associados a ele (xisto argiloso carbonoso, siltitos interlaminados) é interpretada como depósitos de ambientes de pântanos lacustrinos entre canais distributários de um sistema deltáico.

Flutuações eustáticas e/ou meandramento de canais distributários podem ter desenvolvido os padrões CU visualizados ao longo da extensão dessa associação. Além disso, a possibilidade de tratar-se de fácies de pântanos associados ao sistema fluvial meandrante também não é descartada.

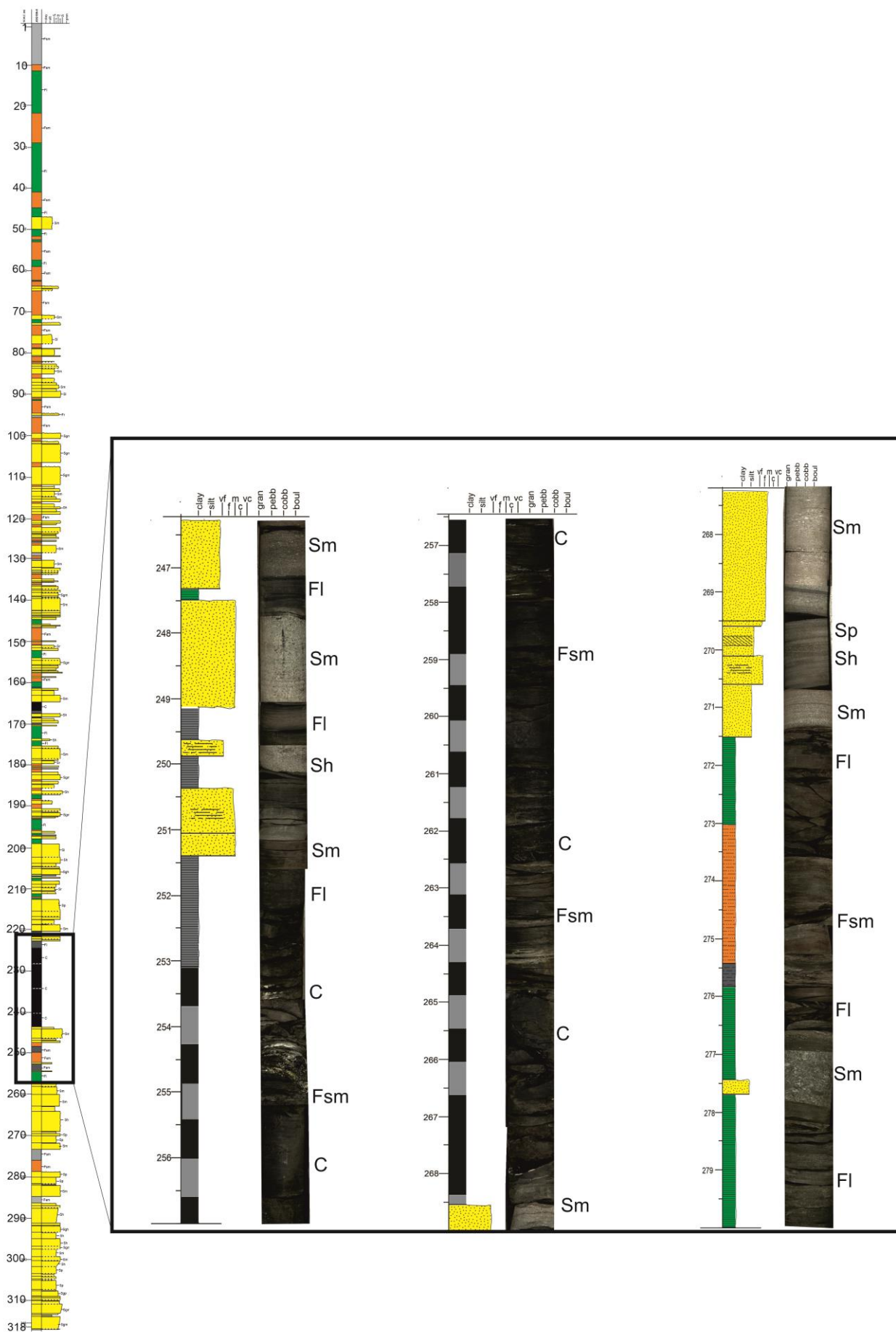


Figura 25: Associação de pântanos lacustrinos situados entre canais distributários, caracterizando um padrão CU

5.2.3.2. Interpretação

Esses litofácies são típicos de ambientes de pântanos lacustrinos, como descrito por Miall (1996) e Nichols (2009).. A presença de carvão e litofácies associadas sugere um ambiente de baixa energia, onde a sedimentação ocorre em condições de estagnação, como em pântanos lacustrinos entre canais distributários de um sistema deltáico (Anexo 3).

Os padrões granulométricos serrados e os padrões CU cíclicos indicam mudanças na carga sedimentar e na energia do fluxo. Esses padrões são comuns em ambientes lacustres e deltáicos, onde flutuações eustáticas e/ou meandramento de canais distributários podem influenciar a sedimentação. Miall (1996) e Nichols (2009) descrevem como esses padrões refletem mudanças na dinâmica fluvial e lacustrina.

A presença de fósseis vegetais, particularmente folhas de *glossopteris*, é consistente com ambientes de pântanos lacustrinos, onde a vegetação é abundante e a sedimentação é lenta. Isso é coerente com a interpretação de um ambiente de pântano, como descrito por Veloso Paz (2018).

A combinação de litofácies e padrões granulométricos sugere que a associação representa depósitos de pântanos lacustrinos associados a um sistema deltáico. Esses ambientes são caracterizados por canais distributários que se ramificam e se reúnem, formando áreas de pântanos e lagos. Miall (1996) e Nichols (2009) descrevem esses ambientes como típicos de sistemas fluviais e deltaicos, onde a sedimentação é influenciada por flutuações no nível do mar e pela dinâmica dos canais distributários.

As flutuações eustáticas e o meandramento de canais distributários podem ter desenvolvido os padrões CU visualizados ao longo do intervalo da associação. Isso é consistente com a interpretação de Miall (1996) e Nichols (2009), que destacam a importância desses fatores na formação de padrões sedimentares cíclicos em ambientes fluviais e deltáicos.

A associação de facies de Depósitos de Pântanos Lacustrinos e Ambientes Deltáicos é interpretada como depósitos de pântanos lacustrinos em um ambiente deltáico, caracterizado por litofácies de carvão, siltitos carbonosos e xistos argilosos carbonosos, com padrões granulométricos serrados e cíclicos.

6. CAPÍTULO VI: Conclusões e Recomendações

6.1. Conclusão

A área de estudo é caracterizada pela ocorrência de onze (11) litofácies, segundo os resultados da descrição dos carotes de testemunho de sondagem do furo JOG16N-6, cuja associação permitiu o agrupamento destas em três associações principais, nomeadamente:

- Associação A: Sistema deposicional fluvial braided.
- Associação B: Sistema deposicional fluvial meandrante
- Associação C: Sistema deposicional lacustrino-deltaico, com pântanos associados.

As associações acima descritas, com excepção da Associação A, que só ocorre na base do testemunho, ocorrem de forma cíclica, representando uma repetição dos eventos geotectónicos que afectaram significativamente as sequências de subsidências nesta bacia.

A presença do Sistema fluvial braided na base da sucessão estratigráfica, indica um ambiente caracterizado por alta energia geralmente associado a um elevado fornecimento de sedimentos resultante da subsidência tectónica no início da formação da bacia; a sucessão deste sistema pelo sistema Fluvial meandrante remonta um ambiente caracterizado por uma redução significativa da capacidade do agente de transporte. E a posterior sucessão destes pelo sistema lacustrino deltáico com pântanos associados, evidenciado pela ocorrência de camadas de carvão, xistos e siltitos carbonosos, caracterizam o período em que a bacia esteve sob domínio de um clima úmido e quente, que impulsionou a produtividade biológica, acompanhado de uma taxa de sedimentação alta que impediu a decomposição completa da vegetação. No entanto a presença de fácies Fl e Fsm associadas, assumindo trata-se de uma bacia sob influência tectónica distensiva, revela que a bacia estava em um afundamento contínuo e o bloqueio da drenagem tenha criado um ambiente fechada que favoreceu a acumulação da matéria orgânica e a formação do carvão. A transição desta associação para o sistema deposicional fluvial meandrante, seguido por sua vez pelo sistema lacustrino deltáico com pântanos associados, sugere um contínuo processo de redução e aumento na taxa de subsidência da bacia tendendo à estabilização, o que proporcionou a criação de canais mais estáveis de forma a maximizar a eficiência no transporte de sedimentos que depois sofria uma interrupção por conta de rápida subsidência permitindo a deposição de

sedimentos mais finos e juntamente a deposição e preservação da matéria orgânica, e estes eventos foram ocorrendo de forma cíclica até a estabilização actual da bacia.

6.2.Recomendações

Para entender a relevância das formações do Karoo para o sistema petrolífero da Bacia do Rovuma, é fundamental implementar uma série de estudos e análises que aprofundem nosso conhecimento sobre a matéria orgânica e as características das rochas. As recomendações incluem:

- **Análise da Maturação Térmica:** Realizar estudos detalhados sobre a maturação térmica da matéria orgânica presente nos sedimentos, utilizando métodos variados como pirólise, geoquímica da matéria orgânica e caracterização do tipo de querogeneo. Essa abordagem permitirá uma avaliação precisa do potencial gerador de petróleo das formações.
- **Estudos Petrográficos:** Conduzir investigações petrográficas para avaliar as propriedades físicas das formações rochosas consideradas potenciais rochas-reservatório. A análise das texturas, estruturas e composições mineralógicas é essencial para determinar a capacidade de armazenamento e a permeabilidade das rochas.
- **Análise Mineralógica:** Investigar os tipos de minerais de argila presentes na matriz rochosa, uma vez que esses minerais podem influenciar as propriedades reológicas dos sedimentos e afetar a migração e acumulação de hidrocarbonetos.
- **Estudos Comparativos:** Comparar as formações do Karoo com outras bacias sedimentares conhecidas que possuem características semelhantes em termos de maturação orgânica e potencial petrolífero. Isso pode fornecer um contexto valioso para as análises realizadas na Bacia do Rovuma.

Essas recomendações visam não apenas aprofundar o entendimento sobre as formações do Karoo, mas também otimizar estratégias de exploração e produção de petróleo na Bacia do Rovuma, contribuindo assim para um desenvolvimento mais sustentável dos recursos naturais.

7. CAPÍTULO VII: Referências bibliográficas

- ❖ Afonso, R.S. & Marques J., (1994); Recursos Minerais da República de Moçambique. Contribuição para o seu conhecimento. Instituto de Investigação Científica Tropical de Portugal e Direcção Nacional de Geologia de Moçambique. 1ed., Lisboa, Portugal.
- ❖ Afonso, R.S., 1978. A geologia de Moçambique: notícia explicativa da carta geológica de Moçambique, 1:2 000 000, Serviço de Geologia e Minas, Moçambique, Imprensa Nacional de Moçambique, 191.p.
- ❖ Allen, P. A. e Allen, J. R. (2005); Basin analysis: principles and applications; 2 ed.
- ❖ Ashley, G. M. (1990); Classification of large-scale subaqueous bedforms: a new look at an old problem. J. Sedim. Petrol.
- ❖ Assine, M. L. (2008); Ambiente de leques Aluviais. In: Magalhães, A. J. C. Ambientes de Sedimentação e estratigrafia de sistemas fluviais e eólicos. UFRGS, apostila didáctica. Rio Grande do Sul.
- ❖ Boggs, Sam, (2009); Petrology of sedimentary rocks. Cambridge University Press.
- ❖ Catuneanu, O., Wopfner, H., Eriksson, P.G., Cairncross, B., Rubidge, B.S., Smith, R.M.H. f & Hancox, P.J. (2005), The Karoo basins of south-central Africa, Journal of African Earth Sciences 43 (2005) 211–253.
- ❖ Consortium. (2006). Notícia explicativa; volume 4; Direcção Nacional de Geologia, Ministério dos recursos minerais, Maputo, Moçambique.
- ❖ Cumbane, Félex Arnaldo, (2017); Aplicação de Modelo Digital de Elevação e de Imagens OLI na Caracterização Morfoestrutural da Bacia de Maniamba – Niassa; Projecto Científico, Departamento de Geologia, UEM;
- ❖ ECL & ENH. (2000). The petroleum geology and hydrocarbon prospectivity of mozambique. V. 1,.
- ❖ Einsele, G. (1992); Sedimentary Basins: Springer-Verlag, Berlin.
- ❖ Fávera, J. C. Dellar; (2001); Fundamentos da Estratigrafia Moderna; 2ed. UERJ, Petrobras, Rio de Janeiro.
- ❖ Freitas, M. S. (2007); Estratigrafia de alta resolução e geoquímica orgânica da Formação Tremembé, Terciário da Bacia de Taubaté, na região de Taubaté-Tremembé-SP. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

- ❖ Gonzalez, M., Smith, J., & Johnson, A. (2022). Advancements in applied geology techniques. *Journal of Applied Geology*, 30(1), 55-68.
- ❖ Japanese oil, gas and minerals, electricity commission (jogmec). (2015). Niassa research project, with national institute of mine of Mozambique.
- ❖ Jourdan, p & p e Verniers, j. (1981). O Karoo da mancha de Metangula (Maniamba), Relatório final, pág. 6-11.
- ❖ Leeder, M. R.; Jackson, J. A. (1993); The interaction between normal faulting and drainage in active extensional basins, with examples from the western United States and central Greece; Basin research.
- ❖ Lower, D. R. (1979); Sediment gravity flows: their classification and some problems of application to natural flows and deposits. Beca-Ball.
- ❖ MAE – Ministério da Administração Estatal, (2005); Perfil Do Distrito Do Lago, Província De Niassa; Direcção Nacional De Administração Local, Edição 2014;
- ❖ MAE1 – Ministério da Administração Estatal, (2005); Perfil Do Distrito De Sanga, Província De Niassa; Direcção Nacional De Administração Local, Edição 2014;
- ❖ McConnell, R. B. (1977); East African Rift system dynamics in view of Mesozoic apparent polar wander. *Journal Geological Society of London*.
- ❖ Miall, A. D. (1990); Principles of sedimentary basins analysis, 2ed. Springer-Verlag Inc. New York.
- ❖ Miall, Andrew D. (1977); Fluvial sedimentology: an historical review.
- ❖ Miall, Andrew D. (1981); Analysis of fluvial depositional systems.
- ❖ Miall, Andrew D. (1996); The geology of fluvial deposits: Berlín: Springer Verlag.
- ❖ Miall, Andrew D., (1997) The Geology of Stratigraphic Sequences; Springer – Verlag Berlin Heidelberg;
- ❖ Nichols, Gary (2009); Sedimentology and Stratigraphy, 2a Edição, Willey-BlackWell, British Library.
- ❖ Norconsult, 2007: Notícia Explicativa. Direcção Nacional de Geologia, Maputo, Moçambique.
- ❖ Nhamutole, N., Marion K. Bamford., Paulo A. Sousa C & Dermeval A. Carmo. (2023). Palynofacies analysis of the JOG16N-8 borehole, K5 formation from the Maniamba basin (Middle Permian), Mozambique: a contribution for hydrocarbon exploration. *Journal of african earth sciences*.

- ❖ Paz, V. M. A. (2018). Sistemas deposicionais e fácies sedimentares da bacia carbonífera de Maniamba – Província de Niassa. Tese de Licenciatura, Departamento de Geologia, UEM. Maputo, Moçambique.
- ❖ Posamentier, H. W., Vail, P. R. (1988); Eustatic controls on clastic deposition II – sequence and systems tracts models. In: Wilgus C. K., Hasting B. S., Kendal C. G. S. T. C., Posamentier, H. W., Ross, C. A., Van Wagoner, J. C., - Sea-level research: an integral approach, vol. 42. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication.
- ❖ Paulino, F., Vasconcelos, L., Marques, J., 2010. Estratigrafia do Karoo em Moçambique. Novas Unidades. In: Flores, D., Marques, M., (Eds.), Memórias nº14, XVI Semana de Geoquímica/X Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa, Porto, 1285-1294.
- ❖ Selley, R. C. (1976); Ancient sedimentar Environments; London, Chapman and Hall, 287p.
- ❖ Selley, Richard C. (2000); Applied Sedimentology, segunda edição, ACADEMIC PRESS, Imperial College os Science, Technology and Medicine, London, United Kingdom.
- ❖ Scherer, C.M. S. (2008); Sedimentologia e estratigrafia de sistemas fluviais e eólicos. UFRGS, Apostila didáctica. Rio Grande do Sul.
- ❖ Schumm, S.A. (1993); River response to baselevel change: implications for sequence stratigraphy. The Journal of Geology, 101(2), 279-296.
- ❖ Silva, A. B., & Santos, C. D. (2019). Geological exploration in the Amazon Basin. Revista Brasileira de Geociências, 22(2), 134-140.
- ❖ Silva, A. B., & Santos, C. D. (2023). New discoveries in Brazilian geological formations. Revista Brasileira de Geologia, 27(2), 134-150.
- ❖ Smith, J., Doe, J. A., & Johnson, A. C. (2021). Geological advancements in sedimentary processes. Revista Internacional de Geología, 15(3), 207-225.
- ❖ Smith, D. G.; Putnam, P. E. (1980); Anastomosed river deposits: modern and ancient examples in Alberta, Canada. Canadian Journal of Earth Sciences.
- ❖ Reading, H. J. & Levell (1986) - Sedimentary environments and facies (2ª edição), Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- ❖ Reineck, H. E. e Singh, I. B. (1975); Depositional Sedimentary Environments; Springer-Verlag, New York.

- ❖ Vasconcelos, L. e Achimo, M. (2010). O carvão em Moçambique. ciências geológicas – ensino e investigação da sua história, in: cotelo neiva, j. m., ribeiro, a., mendes victor, noronha, f. e ramalho, m. m. (eds.). Geologia das ex-colónias de áfrica, Moçambique, Lisboa.
- ❖ Verniers, J. (1982). Relatório final: O Karoo de mancha de Metangula (Maniamba), Brigadas Geológicas de 1997 até 1980. Direcção Nacional de Geologia.

8. Anexos

Anexo 1: Dados da descrição do testemunho de sondagem JOG16N-6 (fonte: O Autor).

Box Number	Deph (cm)		Thickness	Code	Lithology description (grain size, color, structure, contact, other features)
	From	To			
1	0	600	600	Fm	Mudstone de coloração acastanhada.
2	600	1000	400	Fm	Mudstone de coloração acastanhada.
	1000	1150	150	Fm	Siltito maciço de coloração acastanhada com um contacto gradual na base.
	1150	1200	50	Fl	Xisto argiloso maciço com coloração cinza escuro.
3	1200	1800	600	Fl	Xisto argiloso maciço de coloração preta apresentando algumas variações de siltito , arenito muito fino.
4	1800	2180	380	Fl	Xisto argiloso maciço de coloração cinza escuro com um conta gradual na base
	2180	2300	120	Fm	Siltito maciço de coloração cinza escuro, gradando para arenito muito fino de coloração avermelhada.
5	2300	2900	600	Fm	Siltito maciço de coloração preta com algumas intercalacoes de xisto argiloso e arwnito fino
6	2900	3500	600	Fl	Xisto argiloso maciço de coloracao preta, com variações de arenito muito fino
7	3500	4100	600	Fl	Xisto argiloso maciço com algumas secções que apresentam siltitos, arenito muito fino
8	4100	4480	380	Fm	Siltito maciço com algumas varicoes de Xisto argiloso e arenito muito fino com um contacto gradual na base
	4480	4700	220	Fl	Xisto argiloso maciço de coloração cinza escuro
9	4700	5000	300	Sm	Arenito muito fino gradando para siltito maciço com jma coloração avermelhada

	5000	5160	160	Fl	Xisto argiloso maciço de coloração cinza escuro, variando para avermelhada
	5160	5245	85	Fm	Siltito gradando para arenito muito fino com uma coloração avermelhada com Um contacto gradual na base .
	5245	5300	55	Fl	Xisto argiloso maciço com coloração cinza escuro.
10	5300	5750	450	Fm	Siltito maciço de coloração avermelhada com um contacto gradual na base.
	5750	5900	150	Fl	Xisto argiloso maciço com coloração preta , com variacode silte e arenito muito fino.
11	5900	6231	331	Fm	Siltito maciço de coloração avermelhada apresentando algumas variacoes de arenito muito fino com um contacto abrupto na base
	6231	6261	30	Sm	Arenito Médio de coloração cinza, com um contacto abrupto na base.
	6261	6381	120	Fm	Arenito muito fino gradando para siltito maciço de coloração avermelhada apresentando um contacto abrupto na base.
	6381	6441	60	Sm	Arenito de granulometria media com coloração cinza, apresenrando um contacto abrupto na base.
	6441	6491	50	Fm	Arenito muito fino de coloração avermelhada.
13	6491	7091	600	Sl	Arenito muito fino de coloração avermelhada, apresentando algumas secções de siltito e xisto maciço com uma coloração cinza escuro.
14	7091	7182	91	Sm	Arenito fina com coloração cinza gradando para arenito muito fino a silte de coloração avermelhada com um conta gradual na base.
	7182	7271	89	Fl	Xisto maciço de coloração avermelhada, com variações de siltito, arwnito muito fino,com um

					contacto abrupto na base.
	7271	7330	59	Sm	Arenito grosseiro com coloração vermelho palido, apresentando um contacto abrupto.
	7330	7570	240	Fm	Siltito com variações de arenito muito fino e xisto argiloso maciço, a sua coloração varia de avermelhada, cinza escuro e castanho.
15	7570	7790	220	Sl	Arenito muito fino com variações de siltito, xisto argiloso maciço as suas colorações variam de avermelha, cinza escuro, a castanho, com um contacto gradual na base.
	7790	7888	98	Fm	Siltito avermelhado intercalos por arenitos grosseiros de coloração cinza , apresentando um contacto abrupto na base.
	7888	7900	12	Sl	Arenito grosseiro com coloração cinza intercalados com siltito avermelhado.com um contacto abrupto na base.
	7900	8030	130	Sm	Arenito muito fino gradando para siltito, apresentando uma coloração avermelhada,a cinza fracamente eescorecido.
16	8030	8065	35	Sm	Arenito muito fino de coloração avermelhada, com um contacto abrupto na base.
	8065	8093	28	Sm	Arenito grosseiro de coloração cinza claro, com um contacto abrupto na base.
	8093	8200	107	Fm	Siltito maciço de coloração avermelhada, apresentando um contacto gradual na base.
	8200	8229	29	Sm	Arenito muito fino de coloração avermelhada com tons acastanhados , com um contacto gradual.
	8229	8265	36	Fm	Siltito maciço de coloração avermelhada , com um contacto gradual na base.

	8265	8320	55	Sm	Arenito muito fino com uma coloração avermelhada, apresentando um contacto gradual na base.
	8320	8380	60	Sl	Arenito fino apresentando uma coloração avermelhada com intercalações de arenito médio com coloração cinza.
	8380	8510	130	Sm	Arenito muito fino com coloração avermelhada, apresentando um contacto abrupto na base.
	8510	8567	57	Fm	Siltito maciço preto.
17	8567	8611	44	Fm	Siltito maciço de coloração preta com um contacto gradual na base.
	8611	8716	105	Sm	Arenito muito fino de coloração avermelhada e com leves tons escuros, apresentando um contacto gradual na base.
	8716	8783	67	Sm	Arenito fino com coloração cinza escuro, com tons vermelhados de leve apresentando um contacto gradual na base.
	8783	8805	22	Sp	Arenito médio com estruturas cruzadas planares, apresentando uma coloração cinza preta com um contacto gradual na base.
	8805	8868	63	Sh	Arenito médio com estratificação planares horizontal a sub-horizontal, apresentando uma coloração cinza escuro com um contacto gradual na base.
	8868	8940	72	Sl	Arenito fino com intercalações de xisto argiloso com uma coloração cinza escuro, apresentando um contacto abrupto na base.
	8940	8958	18	Sgm	Arenito conglomerado de coloração cinza, com tons esverdeados com um contacto gradual na base.

	8958	8997	39	Sl	Arenito grosseiro intercalados com xisto argiloso. Apresentando uma coloração cinza escuro com um contacto gradual na base.
	8997	9086	89	Sm	Arenito grosseiro com coloração cinza claro apresentando um contacto abrupto na base.
	9086	9124	38	Fm	Siltito maciço preto, com contacto gradual na base.
	9124	9167	43	Fl	Xisto maciço de coloração preta.
18	9167	9467	300	Fm	Siltito maciço preto com um conta abrupto na base.
	9467	9510	43	Sr	Arenito medio com estruturas de tipo Ripples de coloração cinza clara com um contacto abrupto na base.
	9510	9570	60	Fm	Mudstone castanho com um contacto gradual na base.
	9570	9770	200	Fm	Siltito maciço preto.
19	9770	9951	181	Fm	Siltito maciço de coloracao preta com um contacto abrupto na base.
	9951	10078	127	Sgm	Arenito conglomerico de granometria grosseira de coloração cinza claro, com um contacto abrupto na base.
	10078	10150	72	Fm	Siltito maciço com um contacto abrupto na base
	10150	10205	55	Sgm	Arenito conglomerico de granometria media com uma coloração cinza claro, apresentando um contacto abrupto na base.
	10205	10211	6	Fl	Xisto argiloso maciço de coloracao preta com um contacto abrupto na base.
	10211	10365	154	Sgm	Arenito conglomerico grosseiro com coloração cinza claro com leves tons de esverdeado.
20	10365	10665	300	Sgm	Arenito conglomerico de coloração cinza claro, com um contacto abrupto na base .

	10665	10765	100	Fm	Siltito maciço apresentando uma coloração preta, com um contacto abrupto na base.
	10765	10954	189	Sgm	Arenito conglomerico de granometria media com coloração cinza claro.
21	10954	11203	249	Sgm	Arenito conglomerico de granometria grosseira com uma coloração cinza claro , com um contacto abrupto na base.
	11203	11236	33	Fm	Siltito de coloração avermelhada com tons Leves de preto com um contacto gradual na base.
	11236	11292	56	Sm	Arenito muito fino com coloracao avermelhada com um contacto abrupto na base
	11292	11358	66	Sm	Arenito grosseiro gradando para medio, com uma coloracao avermelhada, com um contacto abrupto na base
	11358	11488	130	Sm	Arenito muito fino com coloracao avermelhada com um contacto gradual na base
	11488	11506	18	Sm	Arenito fino de coloracao cinza escuro
22	11506	11544	38	Sm	Arenito fino de coloração cinza escuro
	11544	11610	66	Sh	Arenito grosseiro com estratificação horizontal a sub-horizontal com coloração cinza escuro, com um contacto abrupto na base.
	11610	11657	47	Fm	Siltito maciço preto com um contacto abrupto na base.
	11657	11717	60	Sh	Arenito muito fino de coloração preta, con estruturas planares horizontal, com um contacto abrupto na base.
	11717	11760	43	Sh	Arenito grosseiro de coloração cinza preto com estruturas planares horizontal com um contacto abrupto na base.

	11760	11836	76	Sgm	Arenito conglomerico em uma matrix fina com estruturas planares horizontal a sub-horizontal, com coloração esverdeada com contacto gradual na base.
	11836	11902	66	Sgm	Arenito conglomerico de granometria grosseira com uma coloracao cinza claro, com estruturas planares horizontal, com um contacto abrupto na base.
	11902	12000	98	Fm	Siltito maciço preto.
23	12000	12055	55	Fm	Siltito maciço preto, com um contacto abrupto na base.
	12055	12113	58	Sm	Arenito grosseiro de coloração cinza claro, com um conta gradual na base.
	12113	12157	44	Smg	Arenito conglomerico de granometria fina de coloracao cinza escuro, com um contacto abrupto na base.
	12157	12212	55	Fm	Siltito maciço preto com contacto abrupto na base.
	12212	12320	108	Sh	Arenito grosseiro com coloração cinza clara com algumas estruturas planares horizontal a sub-horizontal com um contacto gradual na base.
	12320	12370	50	Sgm	Arenito conglomerico de granometria media, com uma coloracao cinza escuro , com um contacto abrupto na base.
	12370	12410	40	Sm	Arenito fino com estratificação planares horizontal a sub-horizontal com uma coloração cinza escuro, com um contacto abrupto na base.
	12410	12466	56	Sgm	Arenito conglomerico de granometria fina apresentando veios de quartzo com uma coloração cinza palido com um contacto abrupto na base.

	12466	12485	19	Sm	Arenito de granulometria media Com Coloração cinza escuro , com um contacto abrupto na base.
	12485	12545	60	Fm	Siltito maciço preto com um contacto gradual na base.
	12545	12552	7	Sh	Arenito fino com estruturas planares, apresentando uma coloração cinza.
24	12552	12560	8	Sh	Arenito fino de coloração cinza escuro, apresentando estruturas planares horizontal a sub-horizontal com contacto abrupto na base.
	12560	12599	39	Fm	Mudstone preto.
	12599	12651	52	Fm	Siltito maciço preto.
	12651	12831	180	Sm	Arenito fino de coloracao preta com um contacto gradual na base.
	12831	12839	8	Fm	Siltito maciço preto.
	12839	12912	73	Fm	Mudstone preto com contacto abrupto na base.
	12912	12968	56	Fm	Siltito preto com contacto gradual na base.
	12968	13012	44	Fm	Mudstone preto com um contacto abrupto a base .
	13012	13117	105	Sm	Arenito muito fino de coloração preta.
25	13117	13200	83	Sm	Arenito muito fino de coloracao preta , com um contacto abrupto na base .
	13200	13264	64	Sm	Arenito grosseiro com coloração cinza clara com um contacto gradual na base.
	13264	13313	49	Sh	Arenito de granulometria grosseiro com coloração preta com um contacto gradual na base .
	13313	13336	23	Sh	Arenito de granometria media com coloração cinza claro,apresentando estruturas planares horizontal a sub-horizontal com contacto gradual na base .
	13336	13351	15	Sm	Arenito de granulometria fina ce coloracao cinza com um contacto gradual na base .

	13351	13364	13	Sm	Arenito muito fino com contacto gradual na base de coloracao preta.
	13364	13469	105	Fm	Siltito preto com um contacto gradual na base .
	13469	13523	54	Sm	Arenito muito fino com coloracao preta, com um contaco abrupto na base.
	13523	13537	14	Sh	Arenito de granolumeteia media de coloração cinza, com estruturas planares horizontal
	13537	13544	7	Sh	Arenito com granulometria media, apresentando estruturas planares horizontal a sub-horizontal com um contacto abrupto na base
	13544	13565	21	Sm	Arenito de granometria muito fina de coloracao preta com um contacto agradula na base.
	13565	13619	54	Fm	Siltito de coloração preta apresentando um contacto abrupto na base
	13619	13626	7	Sm	Arenito Medio com coloração cinza claro, apresentando um contacto abrupto na base
	13626	13649	23	Sm	Arenito fino gradando para muito fino com uma coloração cinza escuro, apresentando um contacto abrupto na base.
	13649	13713	64	Sm	Arenito de granolumeteia media, que apresenta uma coloracao cinza, apresenrando um contacto gradual
26	13713	13727	14	Sh	Arenito fino de coloracao cinza apresentando estrutiras planares hirizontais
	13727	13746	19	Sh	Arenito fino de coloração cinza apresentando estruturas planares horizontal com um contacto gradual na base
	13746	13806	60	Sm	Arenito de granolumeteia grosseiro com coloração cinza com contacto gradual na base

	13806	13882	76	Sgm	Arenito conglomerático de granulometria média, com uma coloração cinza pálido e algumas intercalações de siltito onde os clastos vão diminuindo em direcção ao topo
	13882	13918	36	Sl	Arenito Médio com intercalações de siltito, apresentando uma coloração cinza escuro, com um contacto gradual na base
	13918	13942	24	Sh	Arenito de granulometria média com estruturas planares horizontal a sub-horizontal apresentando uma coloração cinza escuro com um contacto gradual na base
	13942	14238	296	Sm	Arenito grosseiro de uma coloração cinza claro gradando para arenito muito grosseiro, com um Contacto gradual na base.
	14238	14292	54	Sgm	Arenito conglomerático de granulometria grosseira, apresentando uma coloração cinza claro.
27	14292	14303	11	Sm	Arenito muito grosseiro, apresentando uma coloração cinza claro, com um contacto gradual na base.
	14303	14350	47	Sm	Arenito grosseiro, apresentando uma coloração cinza claro, com um contacto abrupto na base.
	14350	14358	8	Sm	Arenito muito fino de coloração cinza escuro, com um contacto abrupto na base.
	14358	14393	35	Sgm	Arenito conglomerático com granulometria grosseira apresentando algumas estratificação paralelas horizontal, com um contacto abrupto na base
	14393	14453	60	Sl	Arenito fino com intercalações de xisto, e silte, apresentando uma coloração cinza escuro, com um contacto gradual na base.
	14453	14568	115	Fl	Xisto argiloso maciço, apresentando uma coloração preta, com um contacto. Gradual na base.

	14568	14583	15	Fm	Siltito preto , com um contacto abrupto na base.
	14583	14610	27	Sm	Arenito grosseiro com uma coloração cinza claro, com um contacto abrupto na base.
	14610	14656	46	Sgm	Arenito conglomerico de granulometria fina, apresentando algumas estruturas planares horizontal, apresenta uma coloração cinza escuro, com um contacto abrupto na base.
	14656	14802	146	Fm	Siltito maciço preto gradando para arenito muito fino de coloração preta.
28	14802	14967	165	Fm	Siltito maciço preto , com um contacto gradual na base
	14967	14989	22	Sgm	Arenito conglomerico em uma matriz fina, apresentando uma coloração prata e clastos claros, apresenta um contacto abrupto na base
	14989	15073	84	Fm	Siltito preto, apresentando um contacto gradual na base.
	15073	15143	70	Sr	Arenito muito fino gradando para arenito fino com uma coloração preta, com um contacto gradual na base apresentando algumas estruturas do tipo Ripples.
	15143	15150	7	Fm	Siltito maciço apresentando uma coloração preta com um contacto abrupto na base.
	15150	15210	60	Sm	Arenito Medio gradando para grosseiro com uma coloração cinza, com um contacto abrupto na base.
	15210	15299	89	Fl	Xisto argiloso de coloração preta .
29	15299	15388	89	Fl	Xisto argiloso de coloração preta , com um contacto abrupto na base .
	15388	15450	62	Sh	Arenito grosseiro gradando para arenito medio, com uma coloracao cinza, apresenrando algumas estruturas planares horizontal, apresnra um contacto gradual na base.

	15450	15562	112	Sgm	Arenito conglomerico de granulometria grosseira, com uma coloracao cinza claro, com um contacto abrupto na base
	15562	15570	8	Fm	Siltito maciço preto com um contacto abrupto na base
	15570	15624	54	Sgm	Arenito conglomerico de granulometria grosseira apresentando uma coloração cinza claro, com um contacto abrupto na base.
	15624	15683	59	Sm	Arenito fino gradando para muito fino, com uma coloração cinza escuro, apresentando um contacto a abrupto na base.
	15683	15700	17	Fl	Xisto argiloso de coloração preta com um contacto abrupto na base .
	15700	15735	35	Sm	Arenito Médio com um coloração cinza escuro , apresentando um contacto abrupto na base
	15735	15762	27	Sm	Arenito muito grosseiro, apresentando uma coloração cinza, com um contacto abrupto na base.
	15762	15832	70	Fm	Siltito maciço preto, com um contacto gradual na base.
	15832	15862	30	Sh	Arenito fino com estruturas planares horizontal gradando para arenito muito fino , apresentando uma coloração cinza, com um contacto gradual na base.
	15862	15876	14	Fl	Xisto argiloso maciço de coloração preta , apresentando um contacto gradual na base
30	15876	15909	33	Fm	Siltito maciço de coloração preta
	15909	15958	49	Fm	Siltito maciço preto com intercalacoes de arenito medio com coloração cinza claro com um contacto abrupto na base.
	15958	16092	134	Fl	Xisto argiloso maciço com coloração preta com um contacto abrupto na base.

31	16092	16119	27	Fm	Mudstone com coloração preta a avermelhada com um contacto abrupto na base .
	16119	16169	50	Sh	Arenito Medio com estratificação planares horizontal, apresentando uma coloração cinza escuro com um contacto abrupto na base.
	16169	16246	77	Sm	Arenito muito fino grandando para siltito com uma coloração preta combum contacto abrupto na base
	16246	16293	47	Sm	Arenito grosseiro com uma coloração cinza esverdeada , apresentando um contacto abrupto na base.
	16293	16413	120	Sm	Arenito muito fino grandando para siltito maciço com coloração preta, com um contacto abrupto na base.
	16413	16493	80	Sm	Arenito grosseiro com coloracao cinza claro.
	16493	16572	79	Sm	Arenito grosseiro com uma coloração cinza clara, cim um contacto abrupto na base.
	16572	16790	218	C	Xisto argiloso carbonoso com intercalações de carvão, com um contacto gradual na base.
	16790	16857	67	Fl	Xisto argiloso com intercalações de silte com coloração preta, com um contacto abrupto na base.
	16857	16932	75	Sh	Arenito grosseiro de coloração cinza claro Com estruturas planares horizontal e apresentando um contacto abrupto na base.
	16932	16967	35	C	Xisto argiloso carbonoso com intrecalcoes de carvão , com um contacto abrupto na base.
	16967	17023	56	Sm	Arenito muito fino grandando para siltito com uma coloração preta, com um contacto abrupto

					na base.
	17023	17076	53	Sh	Arenito Medio com uma coloração cinza escuro, apresentando algumas estratificação paralelas horizontal a sub-horizontal, com um contacto abrupto na base.
	17076	17091	15	Fl	Xisto argiloso maciço de coloracao preta.
32	17091	17137	46	Fl	Xisto argiloso maciço com coloraco preta com um contacto abrupto na base.
	17137	17150	13	Sh	Arenito de granulometria fina com estruturas planares horizontal, apresentando uma coloração cinza eescorecido, com um conracto abrupto base.
	17150	17193	43	Fl	Xisto argiloso maciço de coloração preta com um contacto gradual na base.
	17193	17463	270	Fl	Xisto argiloso fragmenrado com uma coloração preta , com um contacto abrupto.
	17463	17507	44	Sh	Arenito fino gradandopara arenito medio, apresentando uma coloração preta com estruturas planares horizontal a sub-horizontal ,apresentando um contacto abrupto na base.
	17507	17637	130	Fl	Xisto argiloso maciço de coloracao preta, com um contacto abrupto na base.
	17637	17697	60	Sm	Arenito com granulometria media, apresentando uma coloração cinza.
33	17697	17942	245	Sm	Arenito grosseiro grandando para arenito medio com coloração cinza claro e com tons pretos, Com um contacto gradual na base.
	17942	17991	49	Sm	Arenito Medio gradando para grosseiro com um contacto abrupto na base apresentando estruturas planares horizontal com uma coloração cinza com tons pretos.
	17991	18001	10	Fm	Siltito maciço preto com um contacto geadacional.na base.

	18001	18085	84	Sr	Arenito muito fino grandando para arenito fino apresentando algumas estruturas de ripples com uma coloração variando de preto para cinza escuro com um contacto abrupto na base.
	18085	18134	49	Fm	Stito maciço preto com um contacto abrupto na base.
	18134	18149	15	Sm	Arenito Medio com coloração cinza escuro comum contacto abrupto na base.
	18149	18181	32	Fm	Stito maciço preto com um contacto abrupto na base.
	18181	18205	24	Sm	Arenito Medio com coloração cinza.
34	18205	18269	64	Fm	Siltito maciço preto com um contacto abrupto na base.
	18269	18335	66	Sm	Arenito Medio com uma coloração cinza palido com um contacto abrupto na base.
	18335	18458	123	Sm	Arenito conglomerico grosseiro com uma coloração cinza claro Com um contacto abrupto na base.
	18458	18498	40	Fm	Siltito maciço preto com um contacto abrupto na base.
	18498	18567	69	Sh	Arenito Medio com estruturas planares horizontal a sub-horizontal com uma coloração cinza claro Com um contacto abrupto na base .
	18567	18578	11	Fl	Xisto argiloso com contacto abrupto na base .
	18578	18667	89	Sh	Arenito muito fino grandando para arenito fino com estruturas planares horizontal a sub-horizontal com uma coloração esquerecida com um contacto gradual na base .
	18667	18700	33	Fm	Siltito preto apresentando alguns clastos medios com um contacto abrupto na base.
	18700	18710	10	Sm	Arenito grosseiro com uma coloração cinza claro com um contracto abrupto na base .
	18710	18723	13	Fm	Siltito maciço preto com u..contacto abrupto na base.

	18723	18805	82	Sp	Arenito muito grosseiro com estratificação cruzada planar e algumas intercalações de Siltito preto a sua coloração varia de cinza claro com tons escurecidos.
35	18805	18834	29	Sm	Arenito grosseiro com uma coloração cinza claro Com um contacto abrupto na base
	18834	18932	98	Fl	Xisto argiloso maciço com coloração preta com um contacto gradual na base.
	18932	18972	40	Fm	Siltito preto com um contacto gradual .
	18972	19056	84	Sh	Arenito fino com estruturas planares horizontal a sub-horizontal apresentando algumas intercalações de siltito preto a sua coloração varia de cinza claro para preto com um contacto gradual na base.
	19056	19158	102	Fm	Siltito maciço preto com contacto abrupto na base
	19158	19214	56	Sm	Arenito grosseiro gradando para arenito Medio com um contacto gradual na base a sua coloração varia de cinza claro a cinza escuro
	19214	19256	42	Sp	Arenito Medio gradando para grosseiro com estratificação cruzada planar apresentando uma coloração cinza escuro, com um contacto abrupto na base
	19256	19344	88	Sgm	Arenito conglomerático de granulometria grosseiro , com uma coloração cinza clara com um contacto abrupto na base
	19344	19369	25	Sm	Arenito de granulometria média com uma coloração cinza e com leves tons de preto com um contacto abrupto na base
	19369	19387	18	Sm	Arenito muito fino com uma coloração preta, apresenta clastos menores e com um contacto

					abrupto na base
	19387	19406	19	Sp	Arenito grosseiro apresentando uma estrutura cruzada planar com um contacto gradual na base, com uma coloracao cinza claro, apresentando um contacto gradacional na base
	19406	19412	6	Sm	Arenito de granulometria media apresentando uma coloração cinza escuro
36	19412	19567	155	Fl	Xisto argiloso macico com intercalados com arenito muito fino
	19567	19682	115	Fl	Xisto argiloso com um contacto abrupto na base
	19682	19703	21	Sm	Arenito grosseiro com um contacto abrupto na base e com uma coloração cinza
	19703	19711	8	Fl	Xisto argiloso maciço com contacto abrupto na base
	19711	19763	52	Sm	Arenito fino gradando para arenito grosseiro com um contacto abrupto na base com uma coloração cinza.
	19763	19796	33	Fl	Xisto argiloso com contacto abrupto na base
	19796	19821	25	Sm	Arenito fino com um contacto abrupto na base com uma coloração cinza claro
	19821	19837	16	Fl	Xisto argiloso macico com um contacto abrupto na base
	19837	19900	63	Sm	Arenito fino com uma coloracao cinza clara com um contacto abrupto na base
	19900	19943	43	Fl	Xisto argiloso maciço
37	19943	20014	71	Fl	Xisto argiloso maciço com um contaco abrupto na base
	20014	20339	325	Sl	Arenito grosseiro com intercalados com xisto, com um contacto gradual na base
	20339	20489	150	Sh	Arenito grosseiro com estratificação planares com um contaco na base de cor cinza
	20489	20566	77	Sh	Arenito fino com estratificação planares horizontal a sub-horizontal com uma coloração cinza,

					vermelhados com um contacto abrupto na base
	20566	20574	8	Fl	Xisto argiloso com um contacto abrupto na base
	20574	20592	18	Sh	Arenito conglomeration com estratificação planares horizontal a sub-horizontal com uma coloração cinza clara e tons esverdeados
38	20592	20622	30	Sgh	Arenito conglomeration com estratificação planares horizontal a sub horizontais com uma coloração cinza claro e tons esverdeados
	20622	20681	59	Sl	Arenito grosseiro Com Estratificação paralelas e intercalados para xisto com uma coloração cinza claro e preto com um contacto gradual na base.
	20681	20768	87	Sl	Arenito grosseiro com intercalados com xisto argiloso, com um contacto abrupto na base com uma coloração cinza e escuro
	20768	20798	30	Sh	Arenito fino com estratificação planares com coloração cinza escuro
	20798	20829	31	Fl	Xisto argiloso maciço , com um contacto abrupto na base.
	20829	20854	25	Sh	Arenito grosseiro gradando a fino com estruturas planares com uma coloração cinza com tons escuros
	20863	20879	16	Fl	Xisto argiloso maciço com uma coloração escurecida com um contacto abrupto na base
	20879	20893	14	Sm	Arenito grosseiro com uma coloração cinza com um contacto abrupto na base
	20893	20933	40	Fl	Xisto argiloso maciço com um contacto abrupto na base
	20933	21009	76	Sm	Arenito grosseiro gradando para fino com uma coloração cinza escuro com um Contacto

					abrupto na base
	21009	21086	77	Sh	Arenito fino com estruturas planares horizontais a sub-horizontais com uma coloração de cinza escuro com um contacto gradual na base
	21086	21162	76	Sr	Arenito fino com laminações de ripples com coloração cinza com um contacto abrupto na base
	21162	21182	20	Fl	Xisto argiloso com uma contacto abrato na base
	21182	21221	39	Sr	Arenito fino gradando a muito fino. com laminações de ripples apresentando uma colocsaio cinza com tons vermelhados
39	21221	21243	22	Sr	Arenito fino gradando a muito fino com laminações de ripples apresentado uma coloração cinza com tons vermelhos
	21243	21315	72	Fl	Xisto argiloso
	21315	21341	26	Sh	Arenito fino gradando para muito fino com estruturas planares horizontal a sub horizontais com uma cinza com tons vermelhados
	21341	21374	33	Fl	Xisto argiloso maciço com um cantacto abrupto na base
	21374	21665	291	Sp	Arenito grosseiro gradando para arenito fino com estruturas cruzadas planares apresentadondo uma coloração cinza claro, cinza com tons vermelhados e cinza escuro
	21665	21796	131	Sm	Arenito grosseiro com uma coloração cinza
40	21796	21870	74	Sm	Arenito grosseiro, apresentado uma coloração cinza e com um contacto abrupto na base.

	21870	21975	105	Sh	Arenito muito fino com laminações de xisto argiloso, apresentando uma coloração cinza, com um contacto gradual na base.
	21975	21992	17	Fl	Xisto argiloso preto com laminações, apresentando um contacto abrupto na base
	21992	22156	164	Sm	Arenito grosseiro com cor cinza gradando para arenito fino de coloração cinza escura, com um contacto abrupto na base.
	22156	22206	50	Fl	Xisto argiloso maciço preto com contacto abrupto na base
	22206	22220	14	Sh	Arenito grosseiro com laminações de xisto argiloso, com coloração cinza claro, com um contacto abrupto na base.
	22220	22230	10	Sh	Arenito fino com coloração cinza escuro, com laminações de xisto preto, com contacto abrupto na base .
	22230	22276	46	Fl	Xisto argiloso maciço de coloração preta, apresentando um contacto abrupto na base
	22276	22345	69	Sl	Arenito grosseiro com laminações de xisto argiloso.
41	22345	22379	34	Sm	Arenito grosseiro com coloração cinza com um contacto abrupto na base.
	22379	22549	170	Fl	Xisto maciço preto, com intercalações de arenito fino com coloração cinza, apresentando um contacto gradual na base.
	22549	22939	390	C	Xisto argiloso carbonoso com laminações de carvão.
42	22939	23539	600	C	Xisto argiloso carbonoso com laminações de carvão.
43	23539	24139	600	C	Xisto argiloso carbonoso com laminações de carvão.

44	24139	24454	315	C	Xisto argiloso carbonoso com laminações de carvão, Com um contacto abrupto na base
	24454	24499	45	Sm	Arenito fino com coloração cinza escuro com um contacto abrupto na base
	24499	24723	224	Sm	Arenito de granulometria muito grossa com coloração cinza clara
45	24723	24733	10	Sm	Arenito muito grosso, apresentando uma coloração cinza, com um contacto abrupto na base
	24733	24784	51	Sp	Arenito fino com estratificação cruzada planar, apresentando uma coloração cinza, com um contacto abrupto na base
	24784	24834	50	Sh	Arenito grosseiro com laminações horizontais, apresentando uma coloração cinza, apresentando um contacto abrupto na base
	24834	24924	90	Fm	Arenito muito fino com intercalações de xisto argiloso preto com um contacto gradual na base.
	24924	25076	152	Fl	Xisto argiloso preto com marcas de folha com um contacto abrupto na base
	25076	25316	240	Fm	Silte cinza fragmentado
46	25316	25357	41	Fm	Arenito muito fino com coloração avermelhada grandando para arenito fino com coloração esverdeada com um contacto abrupto na base.
	25357	25518	161	Fl	Xisto argiloso maciço preto com um contacto abrupto na base.
	25518	25543	25	Fm	Arenito muito fino com uma coloração subsequente com coloração avermelhada com um contacto abrupto na base
	25543	25773	230	Fl	Xisto argiloso maciço com contacto abrupto na base.

	25773	25903	130	Sm	Arenito fino de coloração avermelhada que grada para arenito grosseiro com uma coloração esverdeada
47	25903	26088	185	Sm	Arenito de granulometria fina gradando para media , maciço com uma coloração cinza esverdeado, apresentando um contacto abrupto na base
	26088	26383	295	Sh	Arenito de granulometria grosseira Gradando para media, com uma coloração cinza levemente esverdeado apresenta estratificação horizontal a sub horizontal
	26383	26503	120	Sm	Arenito com granulometria fina gradando para muito fina, apresentando uma coloração castanha avermelhada com um contacto gradual na base
48	26503	26995	492	Sh	Arenito grosseiro gradando para médio com estratificações horizontais a sub horizontais, com uma coloração variando entre creme a cinza escuro, apresentando algumas intercalações de Mudstone.
	26995	27038	43	Sp	Arenito fino com estratificação cruzada, apresenta uma coloracao cinza escuro, apresenta um contacto abrupto na base.
	27038	27092	54	Sm	Arenito grosseiro com coloração creme o seu contacto na base é gradacinal
49	27092	27267	175	Sp	Arenito fino com estratificações planares, com uma coloração cinza, o seu contacto na base é gradacional.
	27267	27417	150	Sm	Arenito grosseiro de colocação creme, o seu contacto na base é abrupto.
	27417	27680	263	Fm	Mudstone castanho.

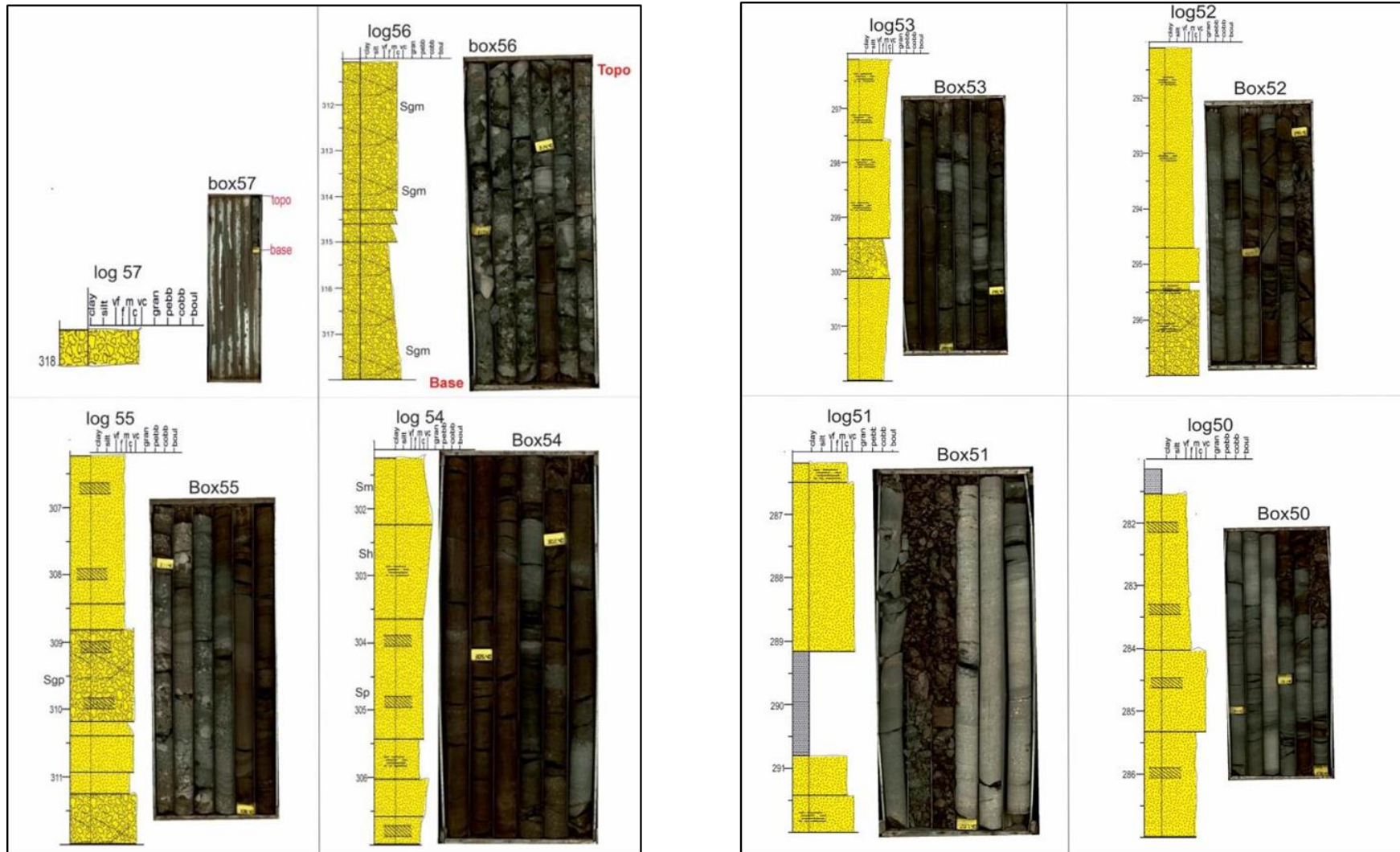
50	27680	27720	40	Fm	Mustone castanho, com um contacto gradacional na base.
	27720	27970	250	Fm	Arenito muito fino com estratificação cruzada, com intercalações de Mudstone, apresenta uma coloração cinza escuro, com intercalações de Mudstone com tons avermelhados, apresentando um contacto abrupto na base
	27970	28099	129	Sp	Arenito grosseiro com estratificação panares apresenta uma coloração cinza com trons de preto, apresenta um contacto abrupto na base.
	28099	28266	167	Sp	Arenito fino com estratificação cruzada planar com coloração cinza escurecido, apresenta um contacto gradacional na base
51	28266	28297	31	Sh	Arenito fino com estratificações planares com coloração cinzenta e escurecida com um contacto abrupto na base
	28297	28562	265	Sm	Arenito grosseiro com uma coloração cinza creme, apresenta um contacto abrupto na base
	28562	28727	165	Fm	Mudstone com coloração castanha com um contacto abrupto na base
	28727	28789	62	Sm	Arenito fino com coloração esverdeada, apresentando um contacto gradacional na base
	28789	28846	57	Sh	Arenito grosseiro com estratificação planar com uma coloração esverdeada com tons de cinza, apresenta um contando gradacional na base.
52	28846	29206	360	Sh	Arenito fino gradando para médio, apresentando uma estratificação horizontal a sua coloração de vermelho, cinza, castanho com um contacto abrupto na base .
	29206	29268	62	Sm	Arenito grosseiro com uma coloração cinza, apresentando um contacto abruto na base.

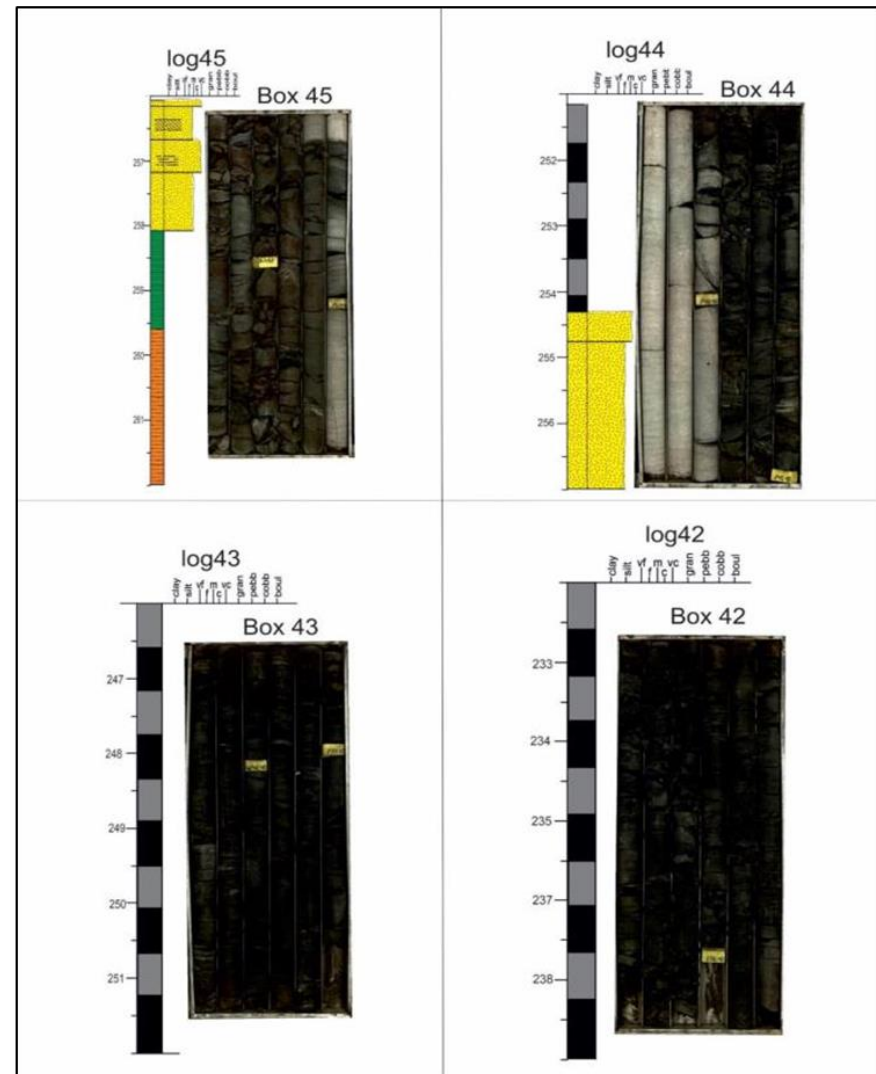
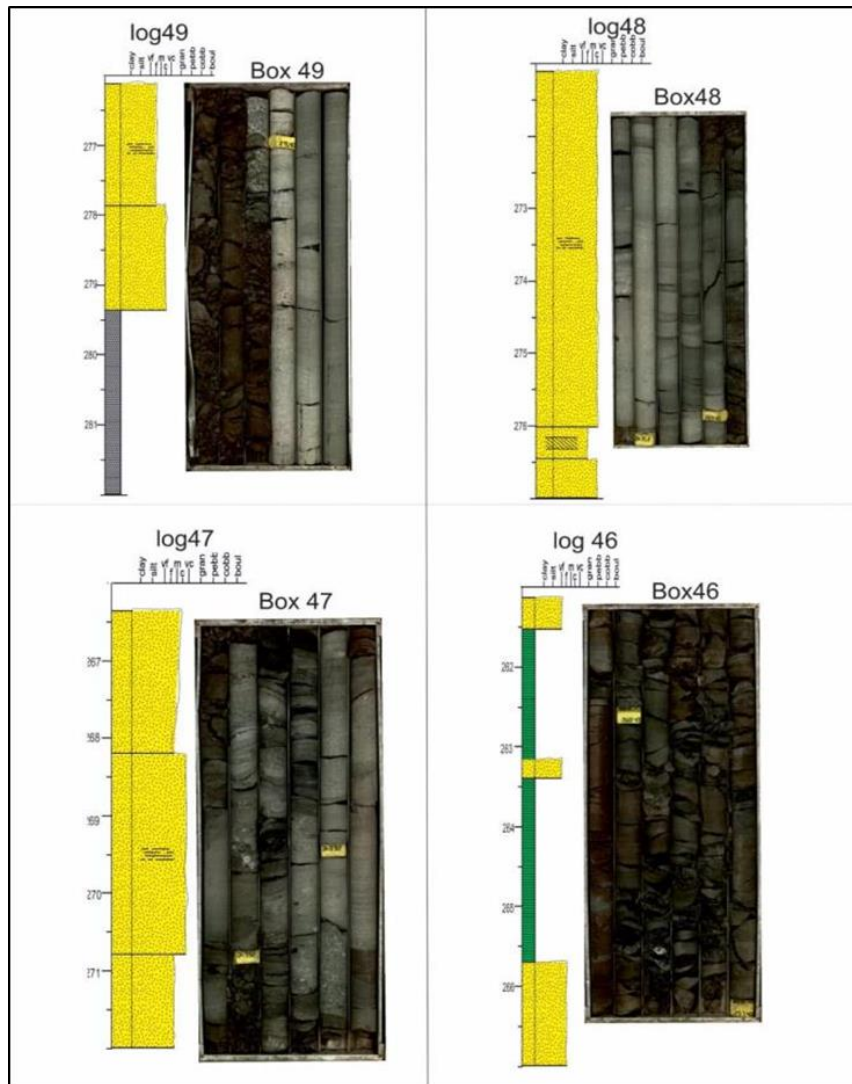
	29268	29282	14	Sh	Arenito muito fino com estratificação planar com uma coloração avermelhada, apresentando um contacto abrupto na base.
	29282	29436	154	Sgh	Arenito congloromerico grosseira com estratificação horizontal a sub horizontal, apresentando uma coloração esverdeada com tons de cinza o seu contacto na base e gradacional.
53	29436	29585	149	Sh	Arenito fino gradando a grosseiro com uma estratificação horizontal a coloração varia de cinza a vermelho, apresentando um contacto gradacional na base.
	29585	29765	180	Sh	Arenito grosseiro com estratificação horizontal a sub horizontal, apresentando uma coloração acastanhada e castanho pálido, apresentando um contacto abrupto na base
	29765	29840	75	Sgm	Arenito congloromerico grosseiro a fino apresentando uma coloração cinza com um contacto gradacional na base
	29840	30026	186	Sm	Arenito fino gradando para grosseiro com uma coloração avermelhada com tons leves de cinza com um contacto gradacional na base
54	30026	30126	100	Sm	Arenito grosseiro gradando para fino com uma coloração acastanhada apresentando um contacto gradacional na base.
	30126	30266	140	Sh	Arenito fino a grosseiro com estratificações planares com uma coloração castanha com um contacto gradacional na base.
	30266	30445	179	Sp	A renito fino com estratificação cruzada planar com uma cor avermelhada e preto apresentando um contacto gradual na base

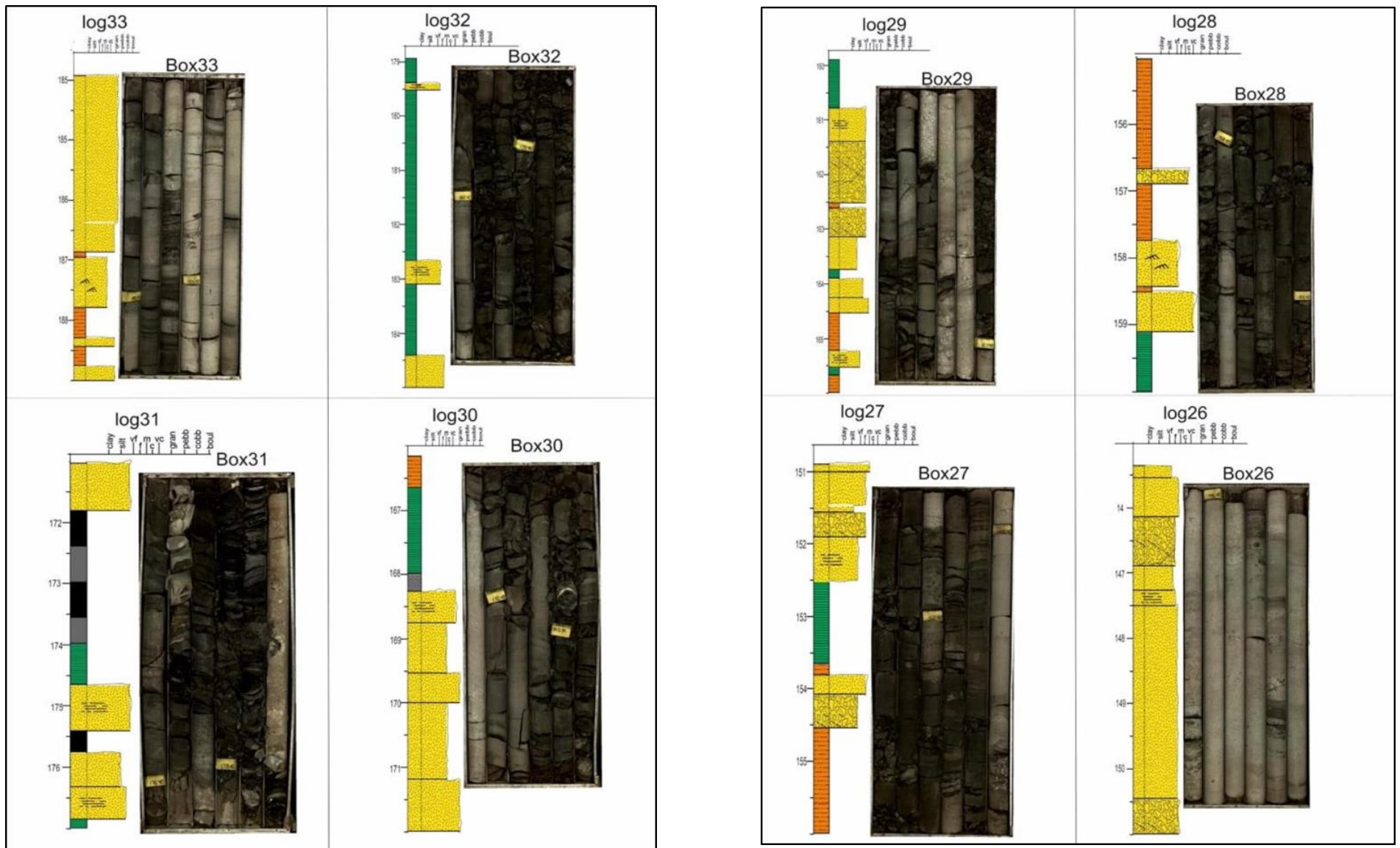
	30445	30504	59	Sh	Arenito fino gradando para muito fino com estratificação planar apresentando uma coloração avermelhada apresentando um contacto gradacional na base.
	30504	30560	56	Sm	Arenito fino gradando para Médio apresentando uma coloração avermelhada com leves tons de cinza apresentando um contacto gradual na base,
	30560	30601	41	Sp	Arenito muito fino com esratificacao cruzada planar, com uma coloracao avermelhada .
55	30601	30821	220	Sp	Arenito fino com estruturas cruzadas planares com uma coloração avemelhada apresentando um contacto gradacional na base.
	30821	30860	39	Sm	Arenito finocom um contacto abrupto na base com uma coloracao cinza com tons esverdeados.
	30860	30997	137	Sgp	Arenito conglomerático de granulometria media a grosseira, cinza claro sem orientação preferencial dos clastos, com estruturas cruzadas planares, contacto gradual na base.
	30997	31017	20	Sm	Arenito grosseiro gradando para fino com estruturas planares com uma coloracao avermelhada com um contacto gradacional na base.
	31017	31072	55	Sm	Arenito de granolumetria grosseira,com uma coloracao cinza claro e com estratificacoes planares com um contacto gradual na base.
	31072	31103	31	Sm	Arenito de granulometria fina gradando para muito grosseira a cascalhenta, cinza clara, com clastos dispersos, geralmente subangulares a subarredondados, com contacto abrupto na base.
	31103	31178	75	Sgm	Arenito de granulometria muito grosseira a cascalhenta, cinza clara, micáceo, com clastos

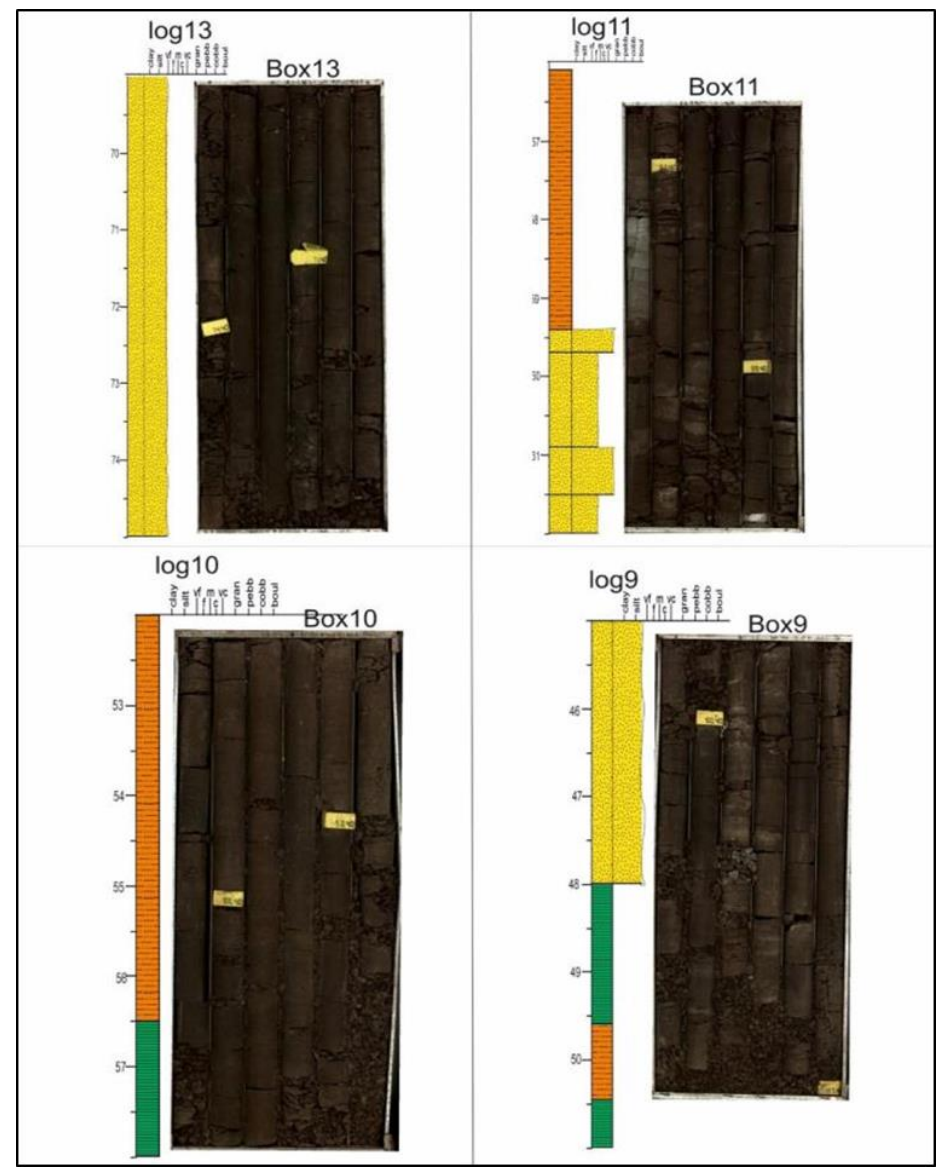
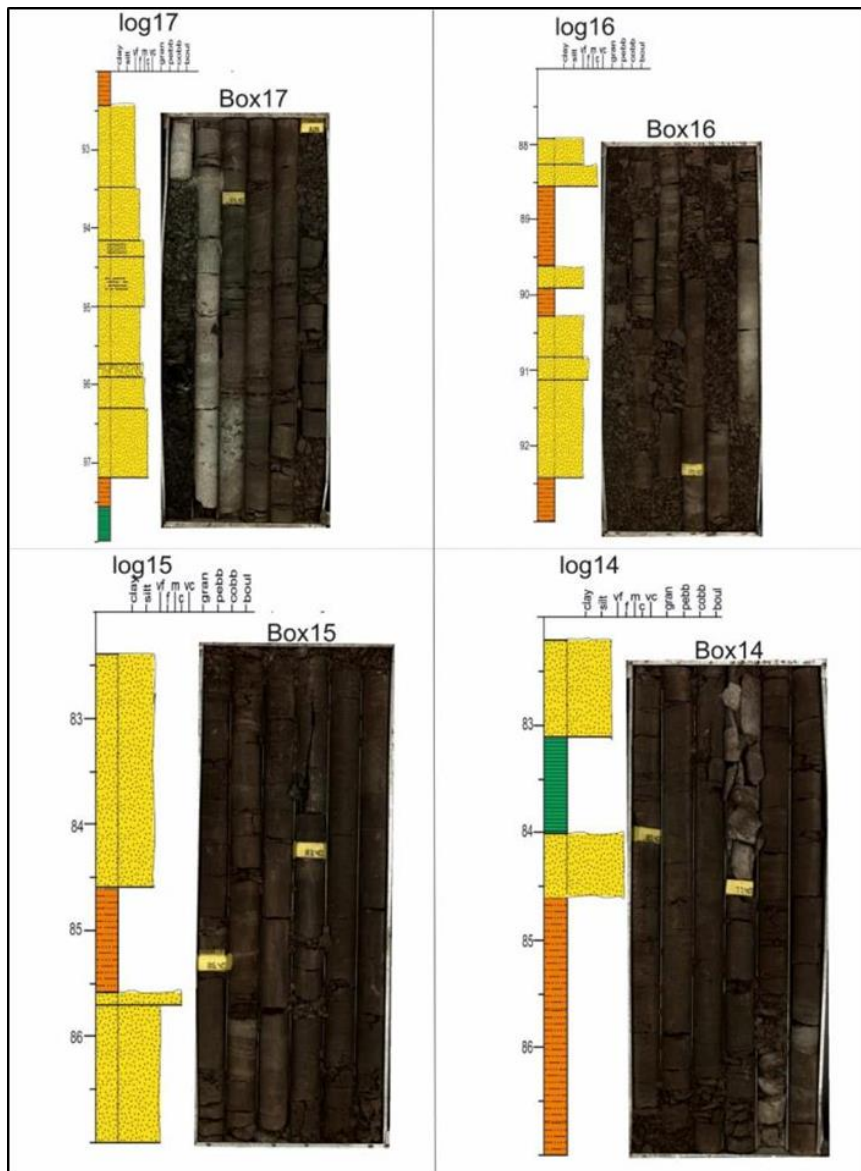
					euédricos na sua maioria de feldspatos dispersos, apresentando contacto gradual na base.
56	31178	31410	232	Sgm	Arenito conglomerático Maciço de granulometria grossa a muito grosseira com estratificações planares
	31410	31440	30	Sgm	Arenito conglomerático de granulometria média, cinza clara, e arenito fino de coloração cinza fracamente escurecida, interestratificados, com contacto abrupto na base.
	31440	31480	40	Sgm	Arenito conglomerático de granulometria média gradando para muito fina a silte, com clastos carbonosos, clastos clásticos euédricos (quartzo e feldspatos), exibindo estruturas planares
	31480	31780	300	Sgm	Arenito conglomerático de granulometria média gradando para grosseira a muito grosseira no topo, corado de cinza clara.
57	31780	31800	20	Sgm	Arenito conglomerático de granulometria média gradando para grosseira a muito grosseira no topo, corado de cinza clara, com a proporção dos clastos e granulometria dos mesmos aumentando em direção ao topo. Os clastos são angulosos a subangulosos.

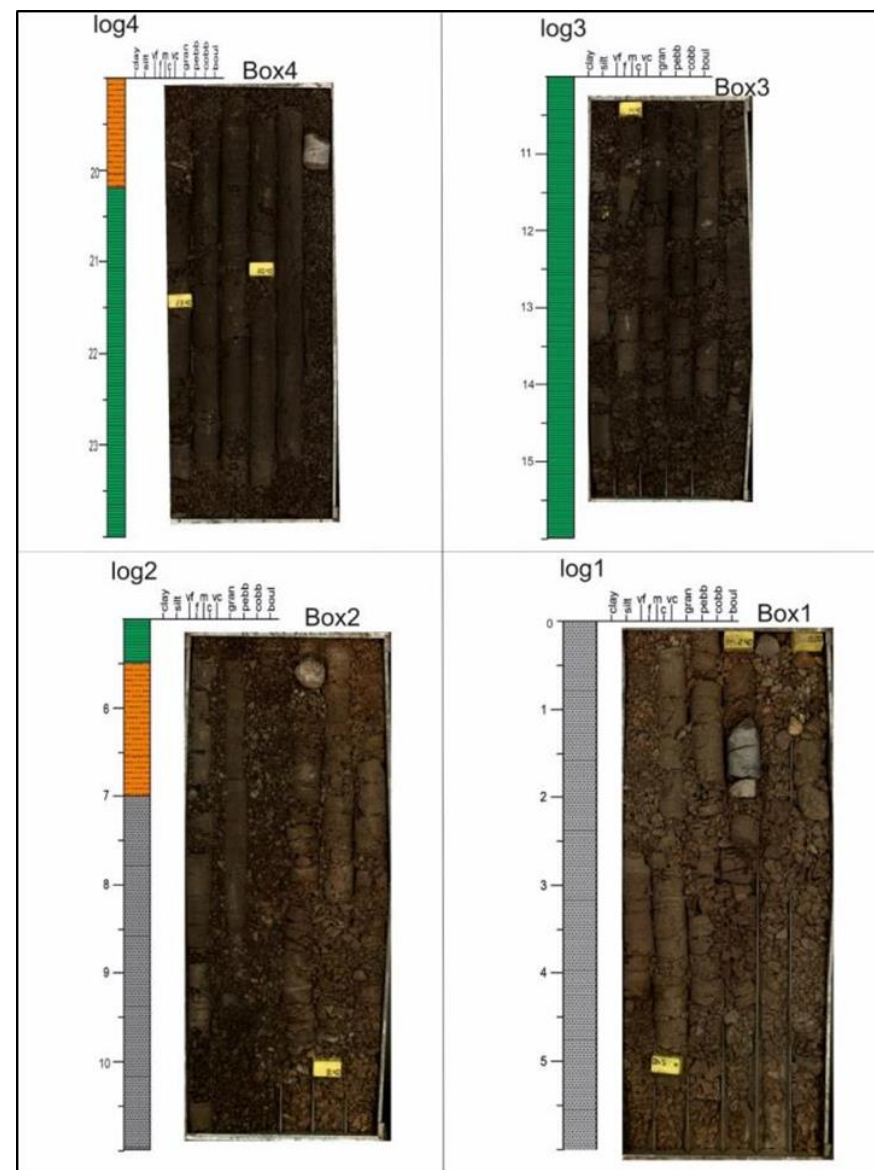
Anexo 2: Apresentação dos Logs por caixa de carotes de testemunho de sondagem JOG16N-6, e representação das respectivas caixas.



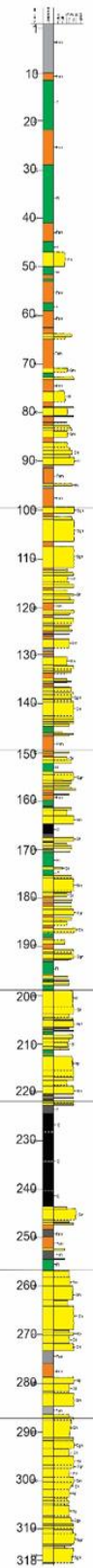
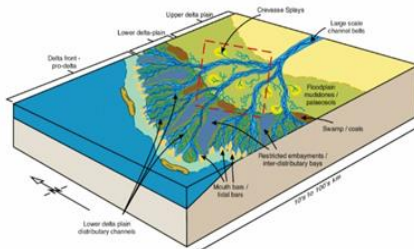
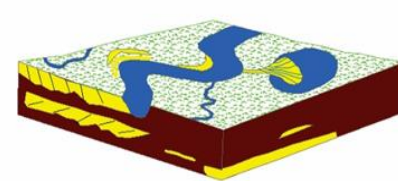
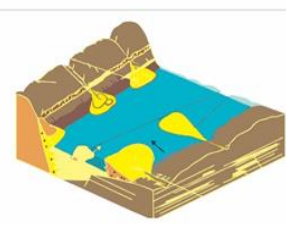
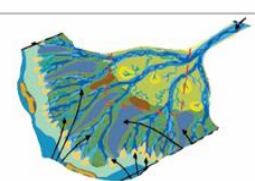








Anexo 3: Demonstração dos ambientes deposicionais interpretados. Fonte: elaborado pelo Autor 2024

log	Furo JOG16N-6	litofaceis	Sub-Sistemas	Associacao	Sistemas	Modelo Ilustrativo
		Fsm Fsm Fl Fsm Fl Fsm Fl Sm Fl Fsm Fl Fsm Sm Sh Fsm,Fr Sm Sm Fsm Sgm Fsm Sm Sm Sgm Fsm Fsm Sr Fsm Sgm Fsm c Fl Sh Fl Sl Sh,Sp Sgh Sm Fl Sm c Fsm c Fsm c Sm Sm Sh Fl Sm Sm Sp Fsm Sgm Sm Sp Sgp Sgp Sgm Sgm	Floodplain e solo Prodelta	C	Lacustrino Deltaico	
		Fsm Sgm Fsm Sm Sm Sgm Fsm Fsm Sr Fsm	Canal e Ovorbank	B	Fluvial Meandrante	
		Sgm Fsm c Fl Sh Fl Sl Sh,Sp Sgh Sm	Oxbow Lake	C	Lacustrino Deltaico e Pantanos	
		Fl Sm c		B	Fluvial Meandrante	
		Fsm c Fsm c Sm Sm Sh Fl	Frente Deltaica	C	Lacustrino Deltaico e Pantanos	
		Sm Sm Sp Fsm Sgm Sm		B	Fluvial Meandrante	
		Sp Sgp Sgp Sgm Sgm		A	Fluvial Braided	