

CAPITULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 – Importância e objectivos do trabalho

A Bacia do Namibe tem sido pouco estudada, em comparação com as bacias do Congo e Cuanza (Carvalho, 196, Buambua, & Suslick, 1997) devido ao facto destas últimas terem sistemas petrolíferos em exploração. Contudo, existem características comuns nas bacias da margem angolana e, como tal, a Bacia do Namibe promete apresentar também um elevado potencial petrolífero. Com o presente estudo pretende-se contribuir para o conhecimento geológico da Bacia do Namibe, através da identificação de elementos condicionantes da geometria estrutural da região do vale do Rio Piambo.

As unidades do Vale do Piambo enquadram-se no Cretácico, estando relacionadas com vulcanismo e processos sedimentares associados à ocorrência das fases de rifte e pós-rifte do Atlântico Sul naquela zona (e.g., Stark, 1991; Brownfield & Charpentier, 2006). O processo de rifteamento da Bacia do Namibe inicia-se pela abertura e fracturação do soco pré-câmbrico em falhas com uma orientação NNE-SSW, associadas a outras transversais, formando fossas descontínuas, fortemente subsidentes, onde se começaram por acumular depósitos terrígenos-lacustres.

A transição para a fase pós-rifte está marcada pela deposição de uma espessa unidade evaporítica, à qual se segue, a partir do Albiano e durante o Cretácico superior, a deposição de sistemas com componentes clásticas e carbonatadas. O interesse do tema incide sobre as formações do Aptiano – Campaniano que apresentam óptimas condições de exposição e grande valor estratigráfico, sedimentológico e tectónico.

Assim sendo, os objectivos propostos como tópicos de investigação para o desenvolvimento do trabalho foram:

- 1) Identificar os sistemas de falhas, dobras, a influência da zona de contacto, ao longo da região já pré-delimitada para o estudo, a relação destes com o pendor, orientação e direcção e das unidades evaporíticas (gipsíferas e salíferas) da região.

- 2) Analisar a disposição e a manifestação das estruturas mapeadas através de painéis fotográficos.
- 3) Compreender a relação entre o vulcanismo e a sequência sedimentar.
- 4) Integrar e proceder à caracterização das estruturas relacionadas com a tectónica sedimentar do vale do rio Piambo, que podem condicionar o processamento de informações geológicas.
- 5) Relacionar a geologia da zona do continente com os dados da zona “*offshore*” contígua, de modo a elaborar um modelo de síntese sobre a evolução da bacia e o seu interesse na prospecção de hidrocarbonetos.

Os objectivos específicos são:

- a) Identificar os ambientes a partir da descrição e interpretação da fácies sedimentares e das arquitecturas sedimentares das unidades;
- b) Construir perfis estratigráficos dos afloramentos bem identificados e visado a litologia da sucessão vertical de unidades litoestratigráfica e corpos vulcânicos;
- c) Entender os arranjos arquitectónicos das unidades sedimentares;
- d) Valorizar os factores que contribuíram na evolução paleo-ambiental da região relacionadas com as tectónicas de placas e dos próprios ambientes deposicionais que se manifestam à escala da bacia sedimentar;
- e) Correlacionar os resultados obtidos para a região estudada (Vale do Piambo) com o conhecimento de outras áreas da bacia do Namibe e outras bacias na região.

1.2 - Enquadramento geográfico e administrativo

A província do Namibe está localizada no sudoeste de Angola, estando limitada a norte pela província de Benguela, a oriente pela província da Huila, a ocidente pelo Oceano Atlântico e a sul pelo rio Cunene, que faz fronteira com a República da Namíbia. Tem uma área de aproximadamente 58.140km² e uma fronteira marítima atlântica de cerca de 480 km, estendendo-se entre os paralelos 13°30' e 17° 15' de latitude Sul e os meridianos 11°45' e 13°30' de longitude Este (Greenwich). Tem uma população estimada de 314.000 habitantes (Salvador e Rodrigues, 2010). A capital da província é a cidade do Namibe, situada na foz do rio Bero, que possui o terceiro maior porto de

Angola. Namibe é formada por cinco (5) municípios (Namibe, Bibala, Tombua, Cambaio e Virei). O município do Namibe é formado pelas comunas do Namibe, Lucira e Bentiaba. A província do Namibe é frequentemente chamada a terra dos Mucubais. O Vale do Rio Piambo, objecto de estudo do presente trabalho, localiza-se a norte do Município do Namibe. A área possui as seguintes coordenadas $14^{\circ}43'S$ e $14^{\circ}48'S$ e pelos meridianos $12^{\circ}16'E$ e $12^{\circ}21'E$ (Fig. 1.1).



Figura 1.1. Relevo da zona de estudo no perímetro da província do Namibe (Googlemaps®)

1.3 - Clima da província do Namibe

Angola situa-se na zona tropical e o seu regime anual tem duas estações: a estação chuvosa e quente e a estação seca e fria. A primeira estação dura normalmente de Agosto até Maio e estação seca e fria apenas de Junho a Julho.

A localização geográfica em relação à zona de convergência intertropical do Hemisfério Sul, a proximidade do mar, as características do relevo e a corrente fria de Benguela são factores que intervêm na diferenciação climática do território angolano (Diniz, 2006).

As precipitações médias anuais na região do litoral diminuem de norte para sul, desde os 800 mm no litoral de Cabinda até os 50 mm no Namibe. A província do Namibe, situada a sudoeste de Angola, apresenta características climáticas particulares, com grandes amplitudes térmicas. Para essa região a Corrente Fria de Benguela tem uma grande influência na diminuição da temperatura do ar, do vapor de água e das precipitações e, conseqüentemente, no aumento da desertificação (Fig. 1.2). Com uma altura média de 300 m, o deserto do Namibe alarga-se entre o litoral e a Serra da Chela. Tal como a maioria dos desertos, este é caracterizado por apresentar um clima árido, mesotérmico, com temperaturas médias dos 18°C aos 24°C e uma pluviosidade inferior a 200 mm anuais (Amaral, 1985). Tendo em conta a classificação de Köppen – Geiger trata-se de uma região de clima do tipo BWh, característico de regiões desérticas quentes de baixa latitude e altitude, o que possibilita a exposição dos afloramentos da orla sedimentar *onshore* da região do Namibe, onde se podem observar raríssimas espécies vegetais, das quais se destaca a típica *Welwitschia mirabilis*.

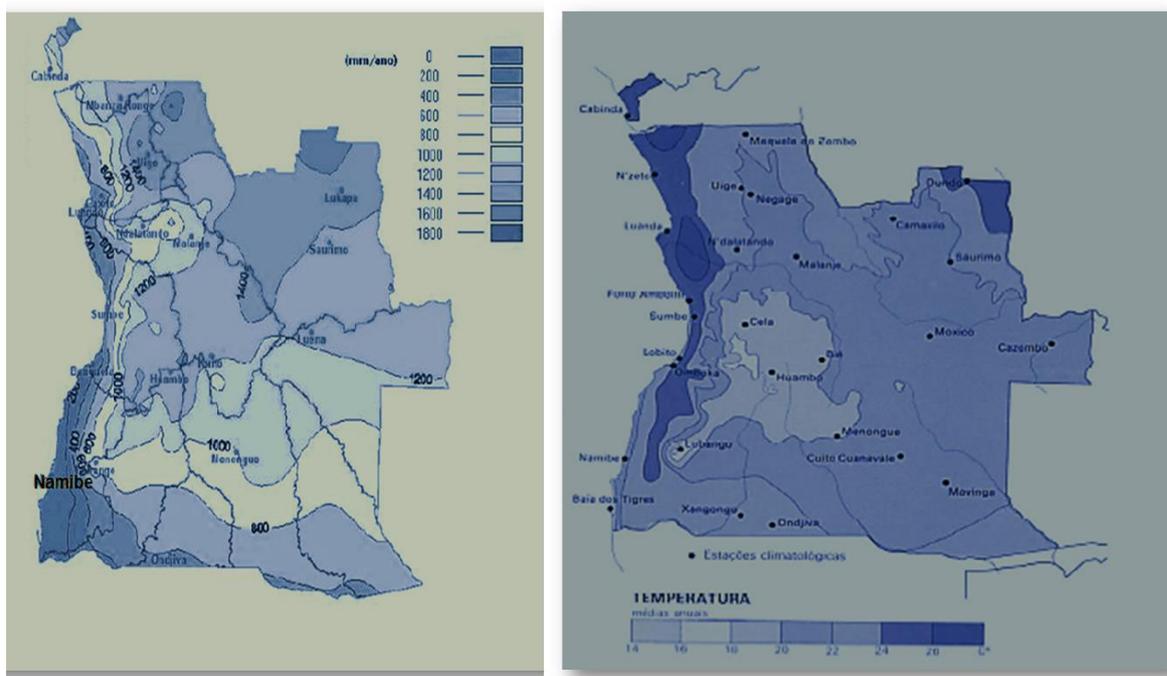


Figura 1.2. Mapa representativo das médias anuais dos factores climáticos mais relevantes de Angola (FAO, 2005).

1.4 – Geologia e geomorfologia

O território Angolano é caracterizado por três conjuntos geológicos conforme as estruturas e elementos identificados que são:

Maciço Antigo - caracterizado por rochas metamórficas e magmáticas que foram formadas durante longos ciclos tectónicos Pré-Câmbricos, com destaque para o Kibariano (aproximadamente 0.9-1.4Ga, semelhante ao Grenvilliano), o Eburniano (aproximadamente 1.8-2.2 Ga) e ciclos pré-Eburnianos (Mouta, 1954; Carvalho, 1961; Feio, 1981).

Formações de Cobertura - posicionadas acima da unidade do maciço antigo em grande área do país, resultam essencialmente da acumulação de sedimentos durante o Fanerozóico.

Orla Sedimentar - com sedimentação continental e marinha do Cretácico ao Plistocénico, associada à abertura do Atlântico.

Esta última unidade representa um grande interesse económico, devido às constantes descobertas de hidrocarbonetos, tanto em *offshore* como em *onshore* ao longo da sua margem.

As bacias do Congo, Cuanza e Benguela constituem as principais bacias Meso-Cenozóicas da margem angolana. Na faixa aflorante da Bacia do Namibe ocorrem diversas formações detríticas e carbonatadas intercaladas e rochas magmáticas. Existem evidências que identificam os evaporitos do Cretácico (Aptiano) do lado Brasileiro, que indicam portanto uma separação continental, com as primeiras incursões marinhas, que correram naquela época (e.g., Torsvik et al., 2009; Moulin et al., 2011). As unidades sedimentares observadas nesta faixa marginal são do Cretácico, Eocénico e Miocénico; os sedimentos pertencentes ao Quaternário estão associados a terraços fluviais e marinhos envolvendo sobre as superfícies mais antigas (Carvalho 1961). As unidades sedimentares apresentam, em geral, um alinhamento sub-horizontal, com um ligeiro dobramento em alguns locais.

O Complexo Antigo ou Maciço Antigo é formado por unidades mais antigas, com rochas metamórficas e magmáticas, e situa-se a oriente da linha de costa da orla sedimentar. O Maciço Antigo subdivide-se em dois grandes conjuntos: o complexo Xisto-Quartzítico, mais meridional, e o Complexo Gnaiss-Migmatítico – Quartzítico. Ambos constituem unidades do Précâmbrico e estão fortemente tectonizados (Mouta, 1954; Carvalho, 1961).

O contacto entre as unidades sedimentares com o soco do Maciço Antigo é feito de duas formas: através de falhas e por sobreposição directa. Para a Bacia do Namibe a sobreposição directa ou se faz com formações pré-rifte do Aptiano-Albiano ou do Campaniano-Maastrichtiano (Carvalho, 1961).

A sucessão sedimentar da Orla Litoral é representada por unidades sedimentares ou magmáticas do Cretácico, Eocénico e Miocénico, e ainda por sedimentos do Quaternário que aparecem associados a terraços fluviais e marinhos, e que correspondem a superfícies que ravinam as unidades mais antigas.

Estas unidades estão dispostas num plano de sub-horizontal ou levemente dobradas com eixos de mergulho meridional e as dobras muito abertas.

Quanto à geomorfologia do sudoeste de Angola, são considerados diferentes unidades regionais com morfologia própria (Jessen, 1936). Segundo este autor, existem duas superfícies de aplanamento (IIb e III), que se dispõem entre o litoral actual (Ia) e a Montanha Marginal (V), separadas por degraus de envergadura e preservação variável (Feio, 1946, 1964). Ainda para o mesmo

sector do sudoeste de Angola são classificadas morfologicamente três unidades (Fig. 1.3).

- 1) A Orla Sedimentar Litoral - esta zona corresponde a uma superfície banhada pelo mar que se alonga desde Cabinda até ao extremo sudoeste do deserto do Namibe, ocupando uma faixa muito estreita;
- 2) Zona de Transição - recebe este nome por apresentar as altitudes intermédias, estendendo-se de norte a sul, entre o litoral e as montanhas, (Marques, 1977; Amaral, 1985). A estruturação desta região surge no rejogo da flexura continental.
- 3) A Cadeia Marginal de Montanhas - que representa as altitudes mais elevadas e os relevos mais vigorosos, prolongando-se desde a zona da Humpata com 2000 m, ao morro do Moco, no Huambo, que é o ponto mais alto de Angola com 2620 m.

Identifica-se uma Superfície Intermédia entre as zonas mais elevadas, para oriente, e a Superfície a ocidente. Esta superfície é mais inclinada que a Superfície Intermédia e corta-a aproximadamente a 30 km da costa, a uma altitude da ordem de 500m (Feio, 1964, 1980). Esta superfície estaria inicialmente nivelada com o Planalto Principal, que se situa abaixo dos 2000 m e para oriente da Cadeia Marginal de Montanhas.

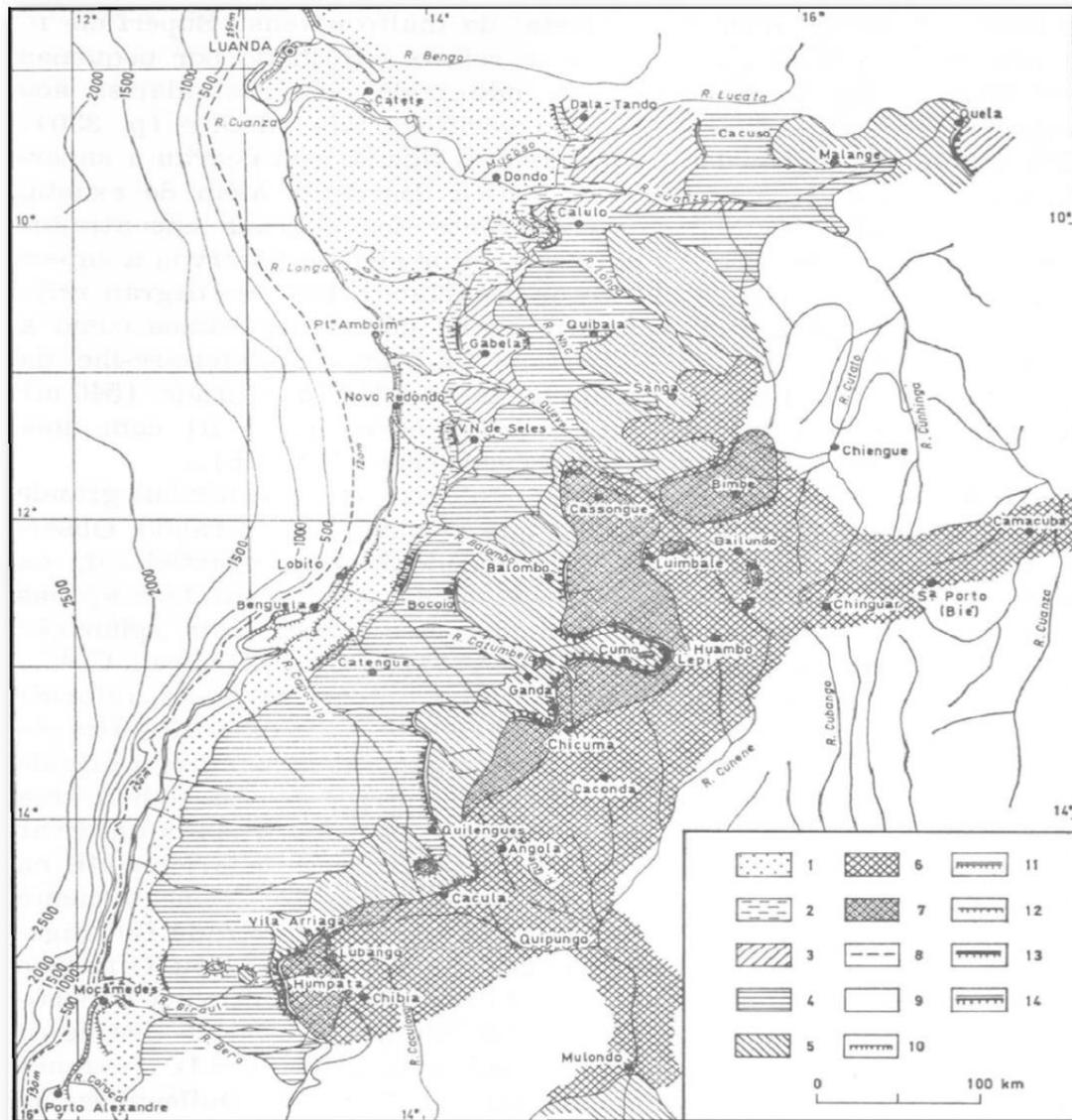


Figura 1.3. Mapa que representa a geomorfologia da região ocidental de Angola (Jessen, 1936). Legenda: 1- Aplanção Ia; 2 – Aplanção IIb; 3 – Aplanção IIIa; 4 – Aplanção IIIb; 5 – Aplanção III; 6 – Aplanção IV; 7 – Aplanção V ou Montanha Marginal; 8 – Limite da plataforma litoral; 9 – Terraços costeiros; 10 – Degrau de 0 a 500 m; 11 – Degrau de 500 m a 100 m; 12 – Degrau de 100 a 200 m; 13 – Degrau de 200 a 300 m; 14 – Degrau de mais de 300 m.

A Orla Sedimentar está associada ao desenvolvimento e incisão de plataformas formadas por unidades Cenozóicas e Mesozóicas mais resistentes que aparecem no norte do deserto arenoso fortemente cimentadas por carbonatos. Estas regiões de plataformas são limitadas a oeste por cornijas, nas falésias seguindo a linha de costa.

Surgem frequentemente vales que cortam e assumem diferentes morfologias que são denominadas localmente por “dambas” ou mulolas. Estas depressões caracterizam-se por serem pouco profundas e largas, apresentando vertentes com pendor forte. São também consideradas como resultando de paleoclimas mais pluviosos do que o actual e, às vezes secos, condicionados por zonas de fracturação (Neto e Cruz, 1960; Carvalho, 1961; Amaral, 1985).

1.5 – Metodologias seguidas – elaboração de painéis fotográficos

O estudo teve início com a procura de dados publicados sobre Orla Sedimentar do Namibe em geral e, em particular, da área do vale do Rio Piambo e zonas limítrofes. Dos trabalhos publicados destaca-se a pormenorizada monografia de G. S. de Carvalho (1961), que inclui também mapas geológicos numa escala próxima de 1/40.000. Este documento cartográfico foi essencial para compreender a disposição das unidades cretácicas da região em análise. Procurou-se também indagar quais os trabalhos realizados sobre a continuação para “*offshore*” desta zona da Bacia, com a finalidade de estabelecer correlações entre essas áreas adjacentes e obter uma ideia integrada acerca da evolução da bacia em relação com a abertura do Atlântico Sul. O estudo de dados publicados estendeu-se durante todas as etapas subsequentes.

A segunda etapa incluiu trabalho de campo que foi realizado ao longo de quatro missões, de acordo com os objectivos propostos.

Os afloramentos estudados foram fotografados, tendo-se obtido um total de cento e duas fotografias (102), realizadas em máquina digital.

As imagens fotográficas tiveram como finalidade facilitar o reconhecimento de fácies e das superfícies de estratificação representadas nas unidades aflorantes no vale do Rio Piambo e, a partir das mesmas, formar mosaicos de fotografias em painel. Na etapa final foi feita a interpretação e integração dos dados do campo, tendo como base o que foi proposto inicialmente. Estes resultados são apresentados nos próximos capítulos da presente tese de mestrado.

CAPITULO 2 – AS BACIAS SEDIMENTARES ANGOLANAS

2.1 – Abertura do Atlântico Sul

O conhecimento da geologia dos continentes meridionais permitiu ao geólogo austríaco Eduard Suess, ainda no século XIX, sugerir que a África, a América do Sul, a Austrália e a Índia pertenceriam a um mesmo continente designado por *Gondwana*, que se teria posteriormente fragmentado. Segundo Alfred Wegener este continente dividiu-se no início da Era Mesozóica, o que explicaria as ocorrências dos mesmos tipos de fósseis e de variações climáticas contemporâneas em continentes que actualmente estão bastante afastados.

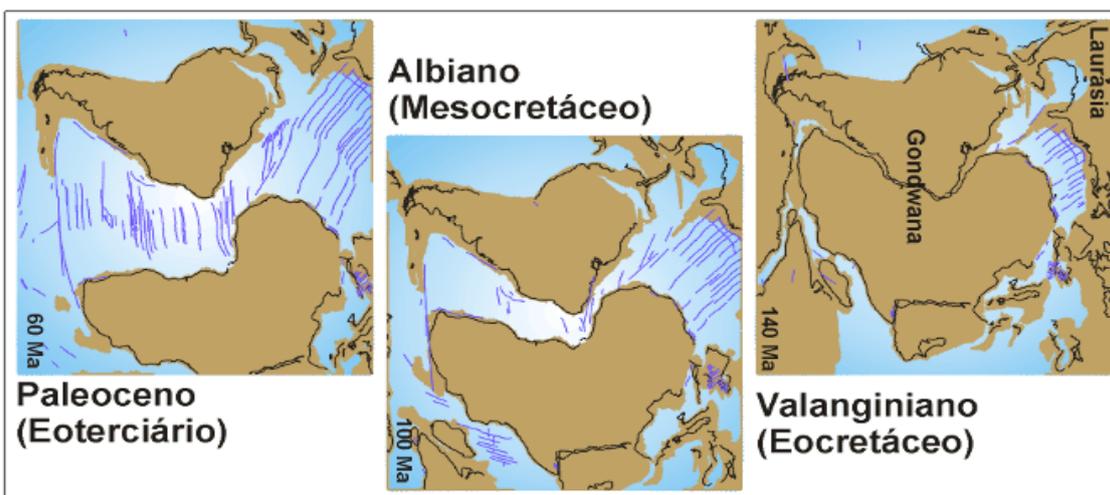


Figura 2.1. Modelo de rompimento e separação dos continentes da América do Sul e África e a consequente formação do Atlântico Sul. Localização das falhas transformantes associadas à abertura do Atlântico Sul, segundo Rabinowitz e LaBrecque (1979).

Após a fase de *rifting* do Triásico, no Atlântico Central e Norte, no Cretácico Inferior, há cerca de 140 Ma, iniciou-se uma segunda fase de fragmentação da Pangeia. A riftogénese da abertura do Atlântico Sul e, consequentemente, a separação do continente africano e da América do Sul não foi sincrónico. Iniciou-se a sul e, progressivamente, foi-se propagando para o Norte, razão pela qual o Atlântico Sul é mais largo a Sul do que a Norte.

As bacias sedimentares costeiras angolanas pertencem a uma grande família de bacias, localizadas nas margens do Oceano Atlântico Sul, cuja evolução tectónico-sedimentar se enquadra no movimento das placas tectónicas desde o início do Cretácico, resultantes da fracturação e posterior fragmentação e da *Gondwana*.

Estes acontecimentos culminaram com a separação dos continentes Africano e da América do Sul, com rotura definitiva no Cretácico Médio, e ao afastamento e crescimento progressivo dessas placas.

2.1.1 - Definição das bacias sedimentares

As bacias sedimentares cobrem cerca de 70% da superfície da Terra e contêm espessuras de sedimentos que chegam a atingir cerca de 10 km. Algumas bacias são geologicamente jovens, como é o caso das Bacias costeiras de Angola. A par disso, a indústria petrolífera tem dado um impulso essencial na definição de nova linguagem e métodos de análise de bacias, na área da geologia do petróleo. O paradigma da tectónica de placas permitiu classificar as bacias sedimentares de acordo com uma teoria unificadora geodinâmica.

Destaca-se, ainda, a intervenção dos novos conhecimentos e métodos do estudo dos fundos oceânicos, que contribuíram para uma melhoria significativa no conhecimento acerca das bacias sedimentares, nomeadamente no que se refere aos mecanismos ligados às respectivas géneses.

As primeiras bases e iniciativas de classificação de bacias sedimentares foram lançadas em 1859 pelo geólogo norte-americano James Hall (SBG, 2014).

As bacias sedimentares são depressões da superfície terrestre formadas por abatimentos da litosfera, nas quais se depositam, ou depositaram, sedimentos e, em alguns casos materiais vulcânicos (Allen e Allen 1990, Eriksson 2001 a). Ocorrendo em diversos ambientes tectónicos, as bacias sedimentares podem ter preenchimento estratigráfico em cunha ou prisma, mas o seu ambiente pode mudar muito rapidamente. Para a caracterização duma bacia é importante a compreensão do ambiente tectónico à época da deposição dos sedimentos que a integram. No âmbito da geotectónica, a evolução de uma bacia sedimentar pode ser vista como resultado de uma sucessão bem definida

de ambientes de tectónicas de placas e de interacção de placas, cujos efeitos são mesclados em um contínuo desenvolvimento (Dickinson, 1974b).

Os factores essenciais que caracterizam uma bacia sedimentar são: o espaço físico para acumulação de sedimentos, ou zonas deprimidas, e as características do relevo que serve de fonte de sedimentos e que vai controlar o modo de transporte destes sedimentos para as zonas deprimidas. As bacias podem ser caracterizadas segundo o conceito e classificação de Dickinson (1974b, 1976a) e Ingersoll (1988b).

A classificação mais ampla de bacias sedimentares ligada aos processos tectónicos foi proposta por Dickinson (1974b, 1976a) e modificada por Ingersoll (1988b). Esta classificação baseia-se nos movimentos horizontais da litosfera que induzem movimentos verticais que provocam variações na espessura, nas características termais e nos reajustes isostáticos da crosta (Tab. 2.1).

Tabela 2.1. Quadro de classificação de bacias (modificado a partir de Dickinson, 1974b, 1976a e Ingersoll, 1988b).

Ambiente Geotectónico Divergente

Vale de <i>rift</i> continental	Contido em crosta continental, muitas vezes associado a vulcanismo bimodal;
Depressão <i>rift</i> Proto	Oceânico - Pequena bacia oceânica com de crosta oceânica e limitada por margens continentais de <i>rift</i> jovem;

Ambiente Geotectónico Intraplaca

Rise (elevação) e <i>Terrace</i> (terraço) continent	Margens continentais com <i>riffts</i> maduros em ambiente geotectónico inter-placa, na interface continente oceano
Banco (embankment)	Cunha sedimentar progradacional formada fora dos limites de margem continental afectada por <i>riffts</i>
Bacia intracratónica	Ampla bacia cratónica sobre assoalho que

Plataforma continental	contem <i>rift</i> fóssil na zona axial Cratão estável coberto por estratos sedimentares finos e de grande extensão
Bacia oceânica em actividade	Bacia sobre assoalho de crosta oceânica, formada em limites divergentes de placas, sem relação com sistemas arco – fossa
Ilha oceânica, cadeia assísmica e plateau	Prismas sedimentarem plataformas formadas em ambientes geotectónicos intra-oceano
Bacia oceânica dormente	Bacia sobre assoalho de crosta oceânica, que não está abrindo ou em processo de subdução activa

Ambiente Geotectónico Convergente

Bacia de fossa	Profunda depressão formada pela subdução da litosfera oceânica
Bacia do talude da fossa	Depressão estrutural localizada, sobre o complexo de subdução
Bacia defronte ao arco (<i>forearc</i>)	Bacia dentro do intervalo arco - fossa
Bacia intra-arco	Bacia ao longo da plataforma do arco, que inclui vulcões superpostos
Bacia retro-arco (<i>backarc</i>)	Bacia oceânica localizada atrás de arco magnético intra-oceânico, incluindo as bacias do tipo inter-arco activo, dormente e bacia continental que não contenha cinturão dobra – empurrão de ante-país (<i>foreland foldthrust</i>)
Bacia de ante-país retro-arco (<i>retroarc foreland</i>)	Bacia de ante-país no lado continental de sistema arco-fossa de margem continental (formada por compressão ou colisão

	relacionada com subducção)
Bacia oceânica remanescente (<i>remnant</i>)	Bacia oceânica retida entre margens continentais colisionais ou sistemas arco – fossa e que, em última instância, é subductada ou deformada em cinturão de sutura
Bacia de ante-país periférica (<i>peripheral foreland</i>)	Bacia de ante-país acima da margem continental afectada por <i>rifts</i> e que foi subductada por dura colisão crustal de tipo primário de ante-país
Bacia piggyback	Bacia formada e transportada no cimo de fatias de empurrão (<i>thrust sheets</i>) em movimento
Bacia intermontana de ante-país (<i>foreland intermontane ou broken foreland</i>)	Bacia formada entre soerguimentos com núcleos de embasamento em ambientes de ante-país

Ambiente Geotectónico transformante

Bacia transtensional	Bacia formada por extensão ao longo de sistema de falhas direccionais (<i>stricke – slip</i>)
Bacia transpressional	Bacia formada por compressão ao longo de sistema de falhas direccionais (<i>stricke slip</i>)
Bacia transrotacional	Bacia formada por rotação de bloco crustal ao redor do eixo vertical dentro de sistemas de falhas direccionais (<i>stricke slip</i>)

Ambiente Geotectónico Híbrido

Bacia intra-continental distal (<i>wrench</i>)	Vários tipos de bacias formadas dentro e sobre a crosta continental, devido a processos colisionais distantes
--	---

Aulacógeno	Antigos <i>rifts</i> falhados, posicionados em ângulo alto em relação a uma margem continental, e que foi reactivada durante a tectónica convergente, formando ângulo elevado em relação a um cinturão orogénico
Impactógeno	<i>Rift</i> formado em ângulo elevado em relação a um cinturão orogénico, sem história pré-orogénica
Bacia sucessora	Bacia formada em ambiente intermontano, após o fim da actividade orogénica ou tafrogénica local

Estes movimentos originam bacias sedimentares, devido ao soerguimento das áreas-fonte dos sedimentos e à reorganização das trajectórias de dispersão. Contudo, os controlos primários da evolução de bacias são caracterizados por:

- Tipo de limites de placas situado mais próximo;
- Tipo de substrato que incluem crosta continental, crosta oceânica, crosta transicional e, por fim, crosta anómala;
- Proximidade do limite de placas.

Os limites primários de placas que são convergentes, divergentes e transformantes, bem como os ambientes intra-placa e híbridos também são comuns para classificar e caracterizar as bacias sedimentares (Busby e Ingersoll, 1995).

Na Tabela 2.1 representam-se exemplos de bacias modernas e antigas relacionadas com os tipos de limites de placas tectónicas.

Tabela 2.2. Comparação entre tipos de bacias antigas e modernas (Busby e Ingersoll, 1995).

Tipo de bacia	Exemplo moderno	Exemplo antigo
---------------	-----------------	----------------

Vale de <i>rift</i> continental	<i>Rift</i> Rio Grande (Novo México)	<i>Rift</i> Proterozóico de Kewenawan
Depressão <i>rift</i> proto-oceânica	Mar Vermelho	Jurássico do leste da Groenlândia
Rise (elevação) e terrace (terraço) continental	Costa Leste dos EUA	Paleozóico Inferior da Cordillera dos EUA e Canadá
Bacia intra-cratónica	Bacia do Chad (África)	Bacia Paleozóica de Michigan
Bacia oceânica dormente	Golfo do México	Bacia Fanerozóica de Tarim (China)
Banco (<i>embankment</i>)	Costa do Golfo do Mississippi	Terreno Meguma do Eopaleozoico dos Apalaches canadenses.
Plataforma (<i>Continental platform</i>)	Mar de Barents (Ásia)	Paleozóico Médio, centro da América do Norte
Bacia oceânica em actividade	Oceano Pacífico	Vários complexos ofiolíticos
Bacia de fossa	Fossa do Chile	Ilha Shumagin, Cretácico (Alasca)
Ilha oceânica, cadeia	Montes submarinos	Complexo Vulcânico
Assísmica e plateau	Imperador – Havai	Snow Mountain do Mesozóico (Terrenos Franciscano) Califórnia
Bacia transtensional	Mar Salton (Califórnia)	Bacia de Magdalen, Carbonífero (Golfo de St. Lawrence)

Bacia intermontana de ante-país (<i>foreland intermontane</i> ou <i>broken foreland</i>)	Sierras Pampeanas (Argentina)	Bacias Laramide (EUA)
Bacia <i>piggyback</i>	Bacia (Paquistão)	Peshawar Apeninos, Neogénico (Itália)
Bacia de ante-país periférica (<i>peripheral foreland</i>)	Golfo Pérsico	Bacia molássica da Suíça, Cenozóico Médio
Bacia remanescente (<i>remnant</i>)	Oceânica Baía de Bengala	Bacia Ouchita, Pensilvaniano – Permiano
Bacia de ante-país retro - arco (<i>retroarc foreland</i>)	Pré-cordilheira dos Andes	Ante-país Svier, Cretácico (Wyoming)
Bacia retro -arco (<i>backarc</i>)	Marianas	Ofiólito Jurássico de Josephine (Califórnia)
Bacia intra-arco	Lago de Nicarágua	Sierra Nevada, Jurássico Inferior (Califórnia)
Bacia frente de arco (<i>forearc</i>)	Sumatra	Great Valley, Cretácico (Califórnia)
Bacia do talude da fossa	Fossa da América central	Lasca Cretácico (Califórnia)

Os dois grandes contextos geodinâmicos ligados a regimes tectónicos responsáveis pela subsidência são: 1) adelgaçamento da costa, numa região de intraplaca sob efeito de extensão, acompanhada de fluxo térmico elevado e uma fase de *rift*; 2) encurtamento, acompanhado por uma flexura da crosta ou em forma de sinclinal, numa região de forças de compressão dominantes,

frequentemente em zonas de subdução, aliada a baixo fluxo térmicos em desequilíbrio isostático e geralmente em relação com um sistema orogénico.

Existem dois grandes motores de subsidência, o adelgaçamento e a flexura da crosta, que estão na base da evolução das bacias sedimentares. Contudo, uma análise completa de uma bacia tem que integrar todas as fases do seu desenvolvimento.

2.1.2 – Contexto geodinâmico das bacias angolanas

Na margem atlântica de Angola são conhecidas várias bacias sedimentares, sendo o número e designação dessas bacias um pouco diferente, consoante os diversos autores. Para alguns autores as bacias sedimentares costeiras de Angola são, de Norte para Sul: Bacia do Congo, Bacia do Cuanza e Bacia de Benguela (Fig. 2.3).

A bacia sedimentar que se estende desde Benguela até a Foz do Cunene seria só uma, e designada por bacia de Benguela (Schlumberger, 1991). Para outros autores, será possível distinguir a Sul da Lucira uma outra bacia designada por Bacia do Namibe. Será esta a divisão que adoptaremos no presente trabalho.

Todas estas bacias sedimentares têm expressão na zona continental, mas a sua extensão principal é para Oeste, sob o Oceano Atlântico. Os limites Norte e Sul de cada uma destas bacias são ainda algo imprecisos.

Para a Bacia de Benguela, considera-se o conjunto sedimentar que se desenvolve junto à costa e para Sul de Lucira ainda pertence à Bacia de Benguela. Tal conjunto incluiria as formações sedimentares que orlam a costa bastante a Sul da cidade do Namibe.

Schlumberger (2001) considera que o limite Sul da Bacia de Benguela se situaria por volta da latitude de 19° S, correspondente à região da Costa dos Esqueletos (Namíbia). Esse limite corresponderia, na zona de *offshore*, ao desenvolvimento da crista vulcânica de *Walvis Bay*. Para este autor não existiria, assim, uma Bacia do Namibe individualizada.

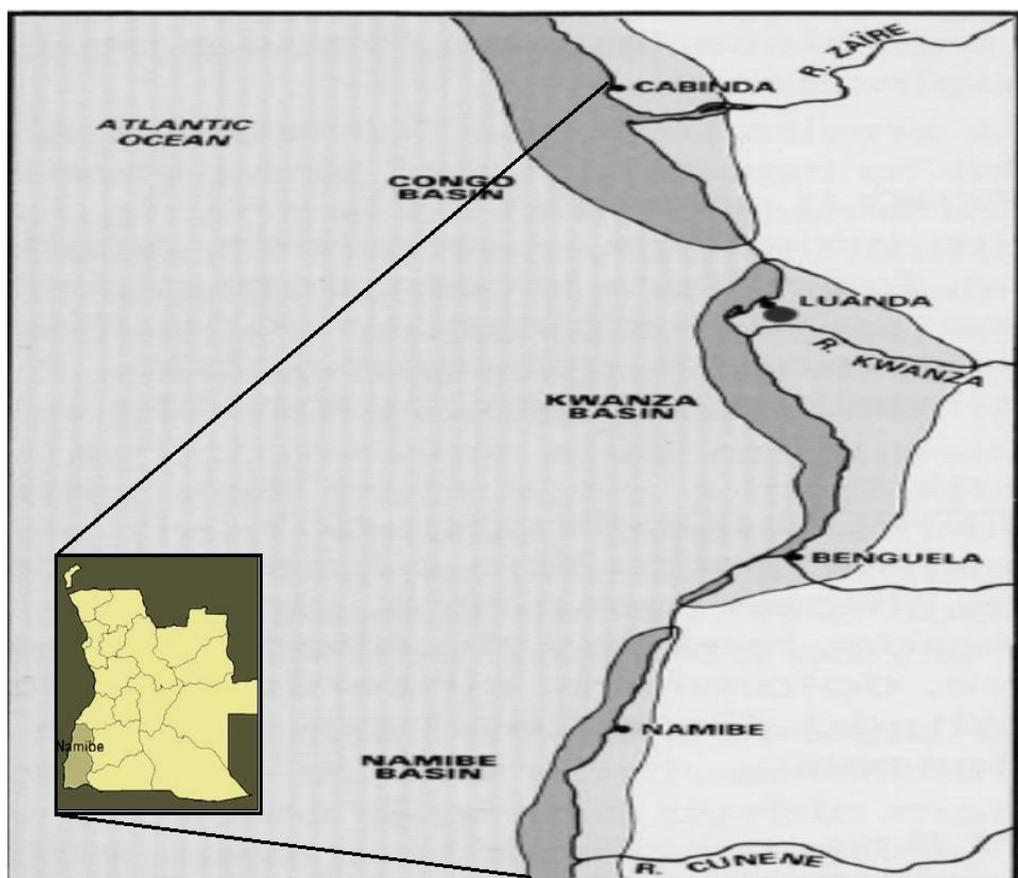


Figura. 2.3. As principais bacias sedimentares localizadas na margem ocidental de Angola (Schlumberger, 1991).

Estas Bacias tiveram o seu desenvolvimento durante a fase de estiramento crustal e posterior fase de *rifting* associados à abertura do Atlântico Sul, que tiveram lugar entre o início do Cretácico e o Cretácico Médio (Schlumberger 1991; 2001).

O nascimento da Bacia do Namibe foi, assim, consequência da ruptura e fragmentação do grande continente Gondwana e do afastamento dos continentes Africano e Sul-Americano (Fig. 2.4).

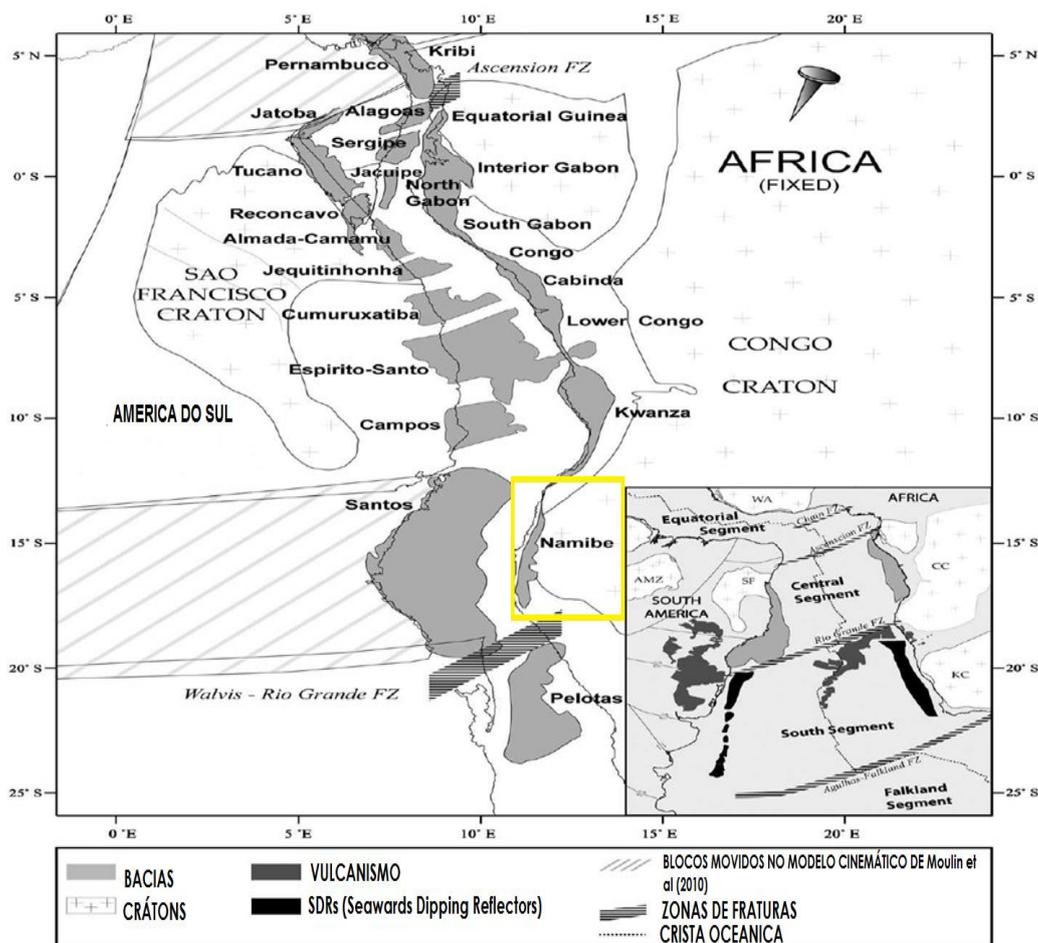


Figura. 2.4. Estrutura do Atlântico Sul, com localização da crista média e das falhas transformantes. Notar a transformante associada ao “hot spot” de Walvis Bay e a extensão do vulcanismo nas duas margens do Atlântico e as grandes bacias sedimentares em Africa e Brasil (segundo Guiraud et al., 2010).

2.2 – BACIA DO NAMIBE.

2.2.1 – Enquadramento estratigráfico da Bacia do Namibe

A Bacia do Namibe situa-se a Sul do paralelo de latitude 13° S. Ela está separada a norte da Bacia de Benguela pela cordilheira de Lunda (zona de falha de Benguela) e estende-se para sul até à cordilheira submarina de Walvis, que se alonga desde a dorsal oceânica até à costa da Namíbia.

A bacia tem aproximadamente 400km de comprimento estendendo-se segundo uma direcção geral NNE a N – S, seguindo a direcção das maiores falhas do soco Precâmbrico reactivadas pela fragmentação continental, suspostamente

herdadas das anteriores colisões orogénicas, e terá sido oblíqua a sua extensão dominante em relação à orientação das falhas do soco. Aparecem depósitos emersos ao longo do limite E da Bacia, com a orientação N-S, entre a Lucira e a Baía dos Tigres. Estes apresentam, em média, 10 a 20 km de largura estreitando para norte e sendo cobertos, a sul, pelas areias do deserto (Guiraud et al., 2010).

As séries sedimentares da Bacia do Namibe, que podem ser facilmente correlacionadas com as unidades lito-estratigráficas conhecidas mais a Norte, na Bacia do Kwanza, são, de acordo com Schlumberger (1991) e Tavares (2000), as que seguidamente se descrevem de forma sucinta (Fig. 2.5).

A Primeira unidade: Observa-se nos compartimentos falhados (Fig. 2.5 e 2.6), e está representada por depósitos detríticos como grés, siltes e argilas, que são comparáveis às que fazem parte das séries fluvio-lacustres do Cretácico Inferior das fossas mais setentrionais. O seu desenvolvimento é muito variável e está relacionado com o quadro estrutural, atingindo milhares de metros de espessura em certas fossas. Os vulcões representam zonas de maiores falhas e importantes depósitos de piroclastos e detrítos, associando-se entre si no norte da Bacia (Schlumberger, 1991 e Carvalho 1961).

A segunda unidade: Assenta em discordância sobre o dispositivo tectónico-sedimentar precedente. Este intervalo é atribuído ao Aptiano (Tavares, 2000; Carvalho, 1961; Schlumberger 1991).

A terceira unidade: O desenvolvimento máximo da plataforma é na parte meridional da Bacia, a sul de Tômbwa, com 150km de comprimento segundo uma direcção NNE-SSW a N-S. Na parte setentrional da Bacia, a Norte do Namibe, os depósitos de plataforma são de pequena extensão e apresentam uma estruturação de falhas lítricas, induzidas provavelmente pelos níveis salíferos subjacentes. Os depósitos carbonatados adelgaçam-se e passam finalmente a depósitos detríticos grosseiros (Schlumberger, 1991).

A quarta unidade: Atribuída ao Cretácico Superior (Cenomaniano-Senoniano), observa-se uma discordância sobre a precedente, que recobre oblíqua os sedimentos detríticos. Uma discordância associada a uma superfície de erosão foi reconhecida na parte superior e corresponde ao Senoniano.

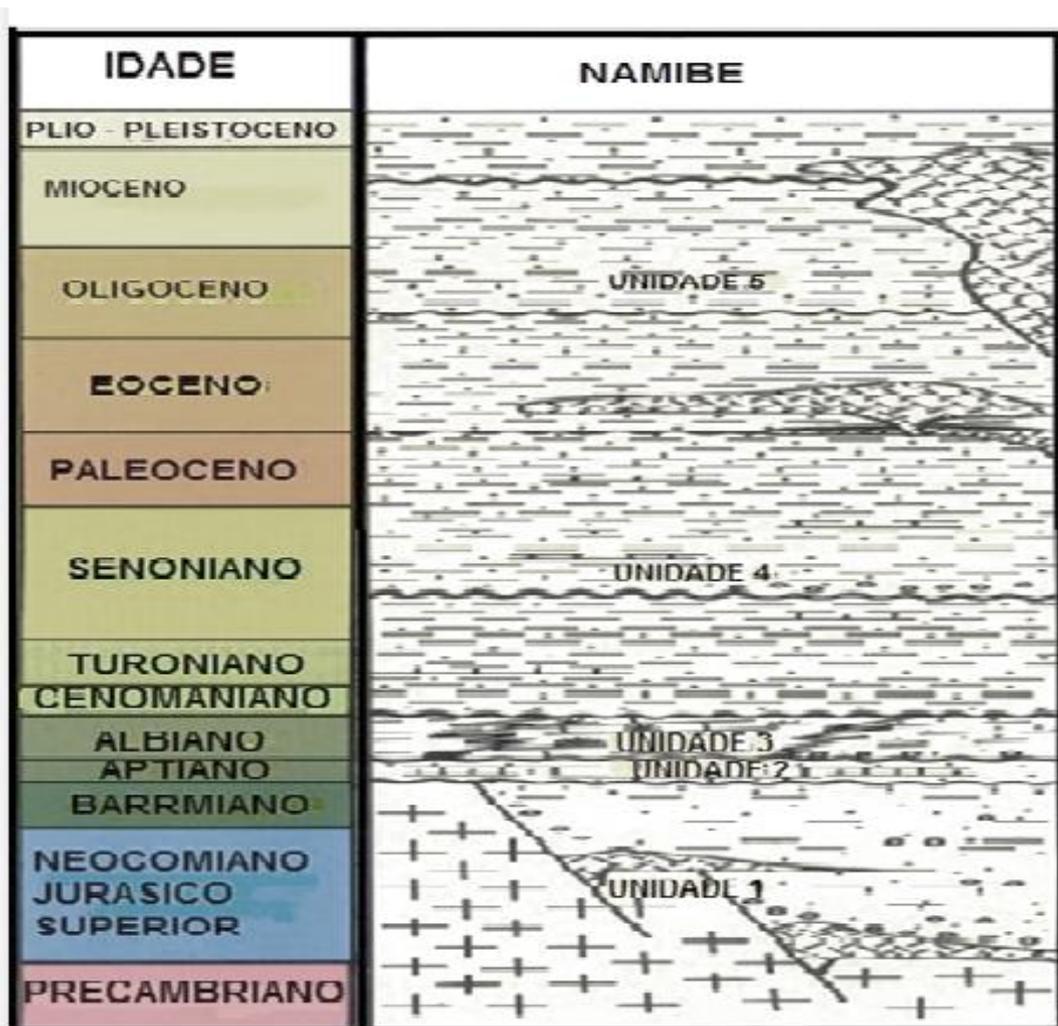


Figura 2.5. Quadro representativo das series do Vale do Piambo e correlações estratigraficas das uniades sedimentares da Bacia do Namibe (Schlumberger, 1991).

A quinta unidade: É limitada inferiormente por discordância, que é supostamente a base das Séries Terciárias que comportam vários ciclos transgressivos, constituídos por areia e argilas. Estes depósitos edificam um importante prisma sedimentar progradante sobre o talude. Uma elevada taxa de sedimentos e rápida subsidência favorece a desestabilização dos materiais e deformações devidas à subcompactação dos depósitos. Estes factos são postos em evidência pelo aspecto caótico de certos reflectores sísmicos (Fig. 4.2). Ocorreram emissões vulcânicas ao longo do Terciário, que atingiram as camadas do Neogénico (Shlumberger, 1991).

2.2.2 – Estrutura tectónico-sedimentar da Bacia do Namibe

A formação da Bacia do Namibe está relacionada com a abertura do Atlântico Sul, evento que corresponde à instalação das Bacias Africanas em geral, incluindo as Angolanas.

A arquitectura da Bacia reflecte a evolução assimétrica das duas zonas continentais que delimitam a Bacia, no decurso do processo de "*rifting*".

A evolução dos limites entre as placas continental e oceânica, actualmente situa-se junto à isóbata dos 2500 m, na base de uma escarpa (Fig. 2.7). Os traços gerais do desenvolvimento tectónico-estratigráfico da Bacia devem ser análogos aos das outras bacias limítrofes (Benguela e Cuanza), mas haverá diferenças quanto à zona de proveniência, as rochas reservatório e às sequências deposicionais.

A Bacia do Namibe apresenta uma estrutura regional monoclinal, inclinada no sentido para Oeste e com uma orientação geral paralela à costa.

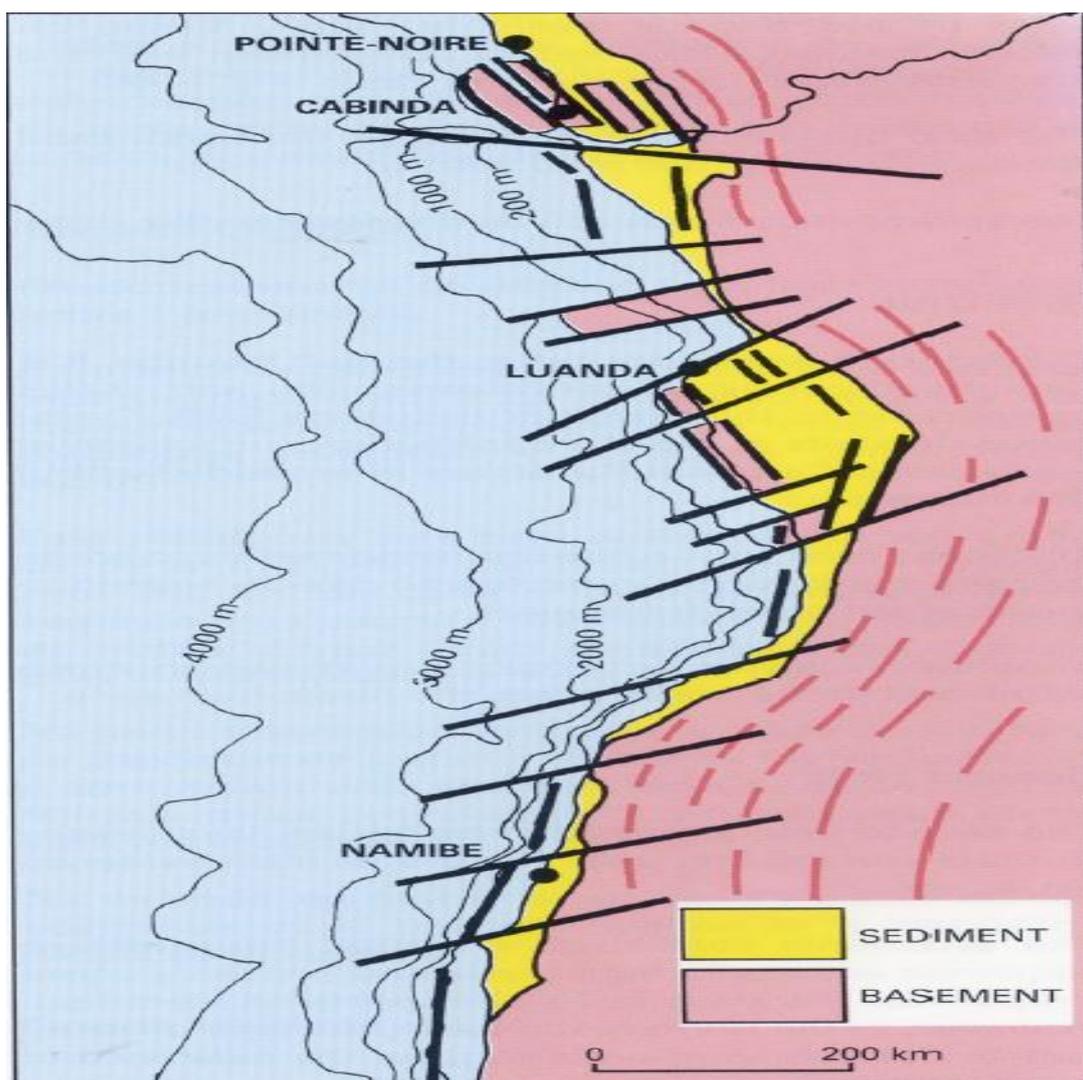


Figura 2.6. O posicionamento das grandes falhas que caracterizam as bacias sedimentares angolanas (Shlumberger 1991).

O modelo de rotação horária da placa sul – americana em relação à africana, em torno de um pólo situado a sul de Fortaleza, explica a separação da América do Sul e da África, envolvendo esforços compressivos e distensivos. As primeiras manifestações da separação Brasil – Africa ocorreram no Jurássico Superior, com movimentação divergente de direcção leste – oeste, criando uma fractura de milhares de quilómetros, que se iniciou no sul do continente *Gondwana* e progressivamente se alastrou para o Norte, através de movimentos compressivos e distensivos que possibilitaram a geração da forma actual da bacia do Namibe (Françolin & Szatmari, 1991).

Concomitantemente à tectónica, as falhas de direcção ENE-WSW desempenham um importante papel, definindo a estrutura da bacia na orientação e localização das fossas Neocretácicas.

Esta Bacia sofre três grandes eventos tectónicos que afectaram esta região da Lucira ao Namibe e Tômbua no sentido Norte-Sul, correspondendo a um alongamento da plataforma continental.

Uma linha de fractura importante é a que pertence ao sistema de falhas localizada no limite da plataforma continental e do talude, e seguindo a orientação geral da costa (Fig. 2.6). Na parte setentrional da bacia, a Norte do Namibe, os depósitos pós-rifte de plataforma são de menor extensão e apresentam uma estruturação devido ao jogo de falhas lítricas, provavelmente pelos níveis salíferas subjacentes.

As sequências estratigráficas podem ser de tipo variado, tanto do tipo sin-rift como post-rift. Neste momento, só existem dados de sondagens na parte Sul da Bacia, já na Namíbia. A sísmica indica também que há grandes quantidades de vulcanitos na série sin-rifte (Fig. 4.2 e 4.3).

Desde o Jurássico Superior até ao Barremiano ocorreu uma forte subsidência de sedimentos, essencialmente de arenitos e lutitos, que preencheram compartimentos falhados. A Norte, estes sedimentos aparecem em descontinuidades e delimitam os depósitos do Aptiano-Albiano que traduzem um período de oscilações marinhas resultando em depósitos de gesso com maior realce para o vale do rio Piambo (Carvalho, 1961).

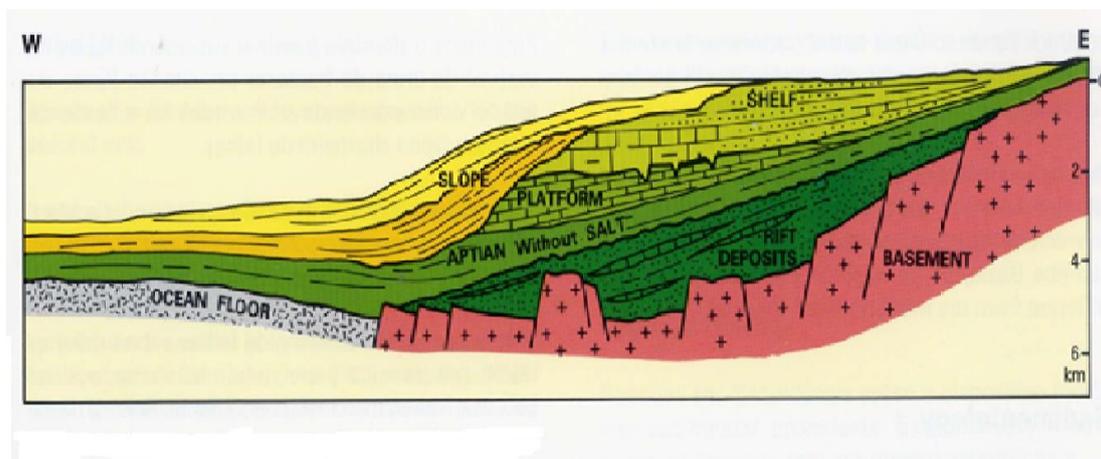


Figura 2.7. Estrutura tectóno-sedimentar da Costa Angolana, com indicação do limite entre plataforma continental e zonas mais profundas do oceano (Shlumberger 1991)

A proveniência dos sedimentos clásticos da Bacia do Namibe resulta duma fonte antiga constituída por rochas graníticas (Bibala e Caraculo) e rochas relacionadas de textura porfiróides e muito semelhantes ao granito Quibala, localizada no sudeste da região sul sudoeste de Angola, a Oeste e Noroeste do Lubango (Carvalho 1961; Tassinari, 1992; Carvalho e Alves, 1992).

CAPÍTULO 3 - ÁREA DE ESTUDO (Vale do Piambo)

A Orla Sedimentar do Namibe é caracterizada por acidentes costeiros e tectónicos, que se estendem desde a Lucira até o extremo mais setentrional. A área de estudo seleccionada para o presente trabalho é o Vale do Rio Piambo, cuja geologia enquadrante se representa na Fig.3.1. O conjunto sedimentar aflorante de idade Cretácica é constituído por um depósito conglomerático, de natureza continental, sobre o qual assentam, localmente, depósitos de gesso.

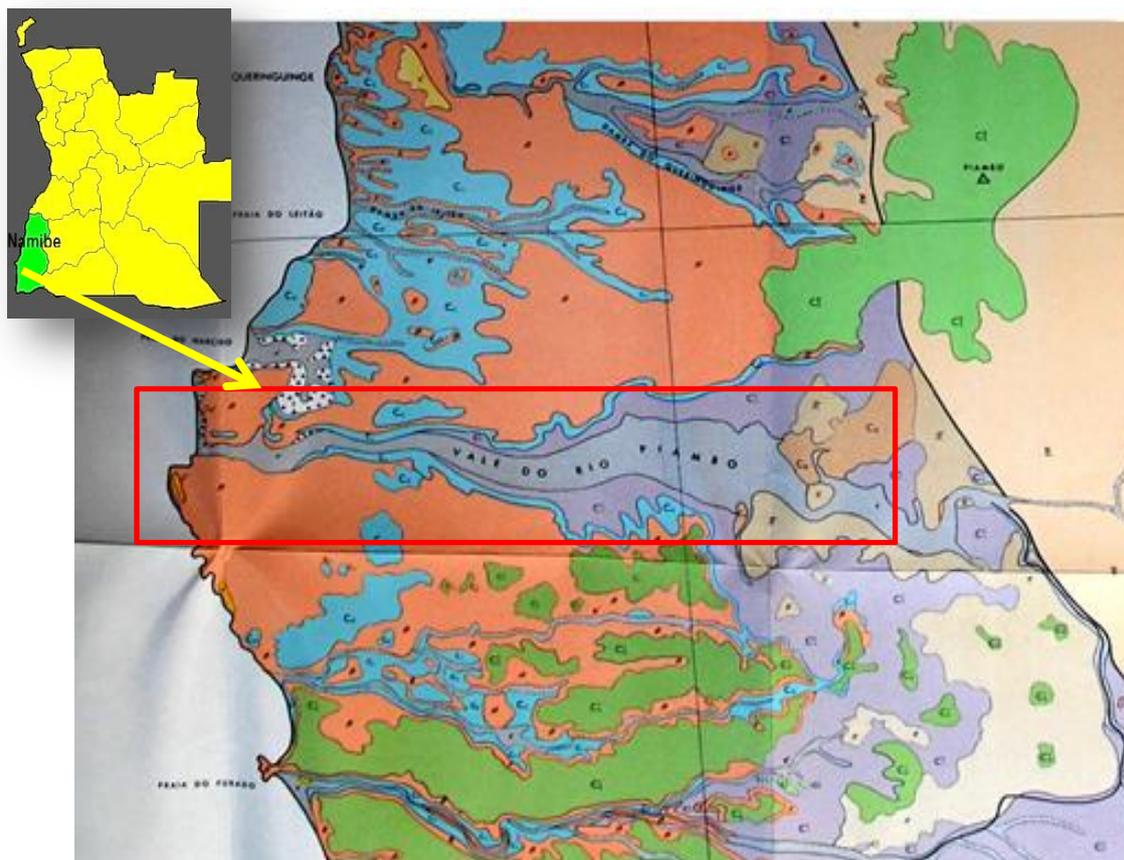


Figura 3.1. Mapa Geológico do Piambo (Carvalho, 1961), assinalando a localização da área de estudo.

A área seleccionada para o estudo apresenta uma série de estruturas e características únicas da zona. As observações feitas ao longo do Vale Rio Piambo e ao redor do mesmo permitem descrever o registo sedimentar aflorante, da base ao topo, tal como se segue:

1 - Formações do Soco, compostas essencialmente por rochas granitóides, de cor castanho-escuro, que exibem fracturação evidenciando efeitos de descolamento, com graben e semi – graben;

2 - Formações de evaporitos, manifestação evidente da combinação clima e tectónica de placas. Com espessuras que variam entre a de uma lentícula intercalada nos arenitos a extensões de grandes dezenas de metros quadrados;

3 - Um conjunto de conglomerados com espessuras que rondam os 10 m e provavelmente representando dois eventos: o primeiro equiparado com a Formação do Giraul, encaixada entre unidades evaporíticas e carbonatadas, enquanto o segundo se situa no topo das unidades basálticas;

4 - Series carbonatadas (calcários dolomíticos): estas séries aparecem em forma de arenito-argilitos com uma coloração amarela, castanho e cinza no topo direito do Vale, anunciando ambiente não tão profundo;

5 - Formações vulcânicas com máxima expressão junto da foz, onde aparecem tufos e indícios de cones vulcânicas. Ainda se observa, num sector do Vale, um filão a cortar os arenitos e calcários em grandes extensões.

Os resultados da análise de fácies e dos elementos arquitectónicos e da análise dos sistemas deposicionais permitiu reconhecer a distribuição das unidades sedimentares da região do Piambo, bem como a sua evolução. Estas podem ser subdivididas em cinco formações geológicas que simbolizam e sintetizam toda uma dinâmica dos acontecimentos tectónicos e geomorfológicos da orla sedimentar do Namibe.

3.1 – Descrição dos afloramentos do Vale do Piambo

Ao longo da orla sedimentar da Bacia do Namibe observa-se um conjunto de reentrâncias e saliências criadas pela acção do mar, que cavou profundos vales de drenagem em direcção ao oceano, seguindo a disposição do relevo da

orla marítima, que é caracterizado pela planície que abarca desde 0 – 500 m de altura, localizada próximo da linha de costa.

O conjunto sedimentar do Vale do Piambo inferior está coberto por margas e sobre elas aparecem, localmente, rochas vulcânicas básicas. Segue-se-lhe uma sequência de rochas de origem francamente marinha, constituídas por margas, arenitos finos e calcários, com uma espessura de 5 m. Este conjunto apresenta fósseis que permitem datá-lo do Cenomaniano-Turonian, ao qual se sobrepõe um conjunto de rochas vulcânicas de composição basáltica, essencialmente constituído por escoadas de lava, com uma espessura de 10 m, e que se estendem muito para além da zona de estudo (Carvalho, 1961).

Na zona de estudo, é possível verificar a presença de, pelo menos, dois episódios de escoadas basálticas, já referidas por Carvalho (1961). Sobre as rochas basálticas assenta, em discordância, um conjunto de calcários e arenitos finos de natureza marinha e considerado do Coniaciano. Ainda se nota a presença de calcários dolomíticos predispostos numa unidade adjacente, e fazendo parte do conjunto sedimentar do Vale do Piambo. Por cima destes assentam unidades de origem terrígena, e acima daquelas aparecem unidades altamente carbonizadas quando em contacto com a última unidade deste conjunto, que são os basaltos.

O clima árido da região origina uma intensa erosão desde o leito até vertentes escarpadas do Vale do Rio do Piambo, que apresenta diversidade de areias. Pelas características das areias e do material mais grosseiro pode concluir-se que a sua origem é mista.

3.1.1 - Localização dos perfis estudados

O preenchimento sedimentar desta região está intimamente relacionado com as fases de rift que afectam toda a orla sedimentar. As observações de campo realizadas permitem o reconhecimento da sucessão estratigráfica do Vale do Rio Piambo, bem como identificar os eventos geológicos cuja interpretação consta neste trabalho.

O acesso ao Vale do Piambo pode ser feito por uma picada que liga a estrada Namibe – Benguela ao litoral, com as coordenadas 14°48'05"S, 12°26'08"E (Fig. 3.2).

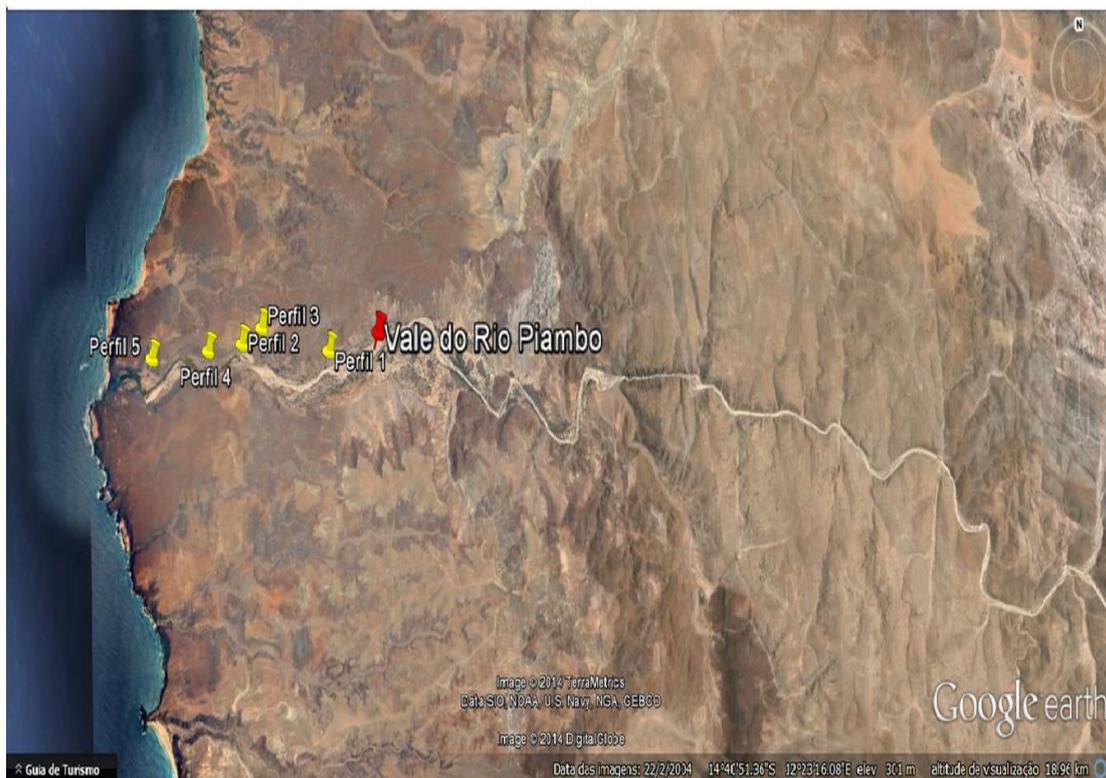


Figura 3.2. Localização dos perfis (5) estudados na zona do Vale do Piambo com planície aluvial larga.

Fixou-se a área de estudo apenas na região que abrange a área do Piambo localizada nas coordenadas de 14°43'S, 12°20', numa extensão aproximada de 15km a montante e a jusante do vale, com cerca de 30km² da superfície cartografada. Desde a nascente até a sua foz foram fotografadas as duas vertentes e, onde se dispõe de boa observação, verifica-se não haver grandes variantes nas duas margens. A escolha dos pontos dos afloramentos foi feita de forma aleatória, com realce para aqueles identificados e mas não descritos por Carvalho (1961).

E realçar que, a par destas observações e num mesmo perímetro de estudo, se observaram calcários dolomíticos de grande interesse e já analisados por parte daquele autor.

3.1.2 – Descrições dos perfis estratigráficos do Vale do Piambo

Com base nos dados recolhidos no Vale do Piambo, a sucessão estratigráfica e levantamentos dos afloramentos permitiram descrever os 5 perfis estratigráficos que, de seguida, se descrevem.

O perfil 1, representado na Fig. 3.3, é constituído, da base ao topo, por:

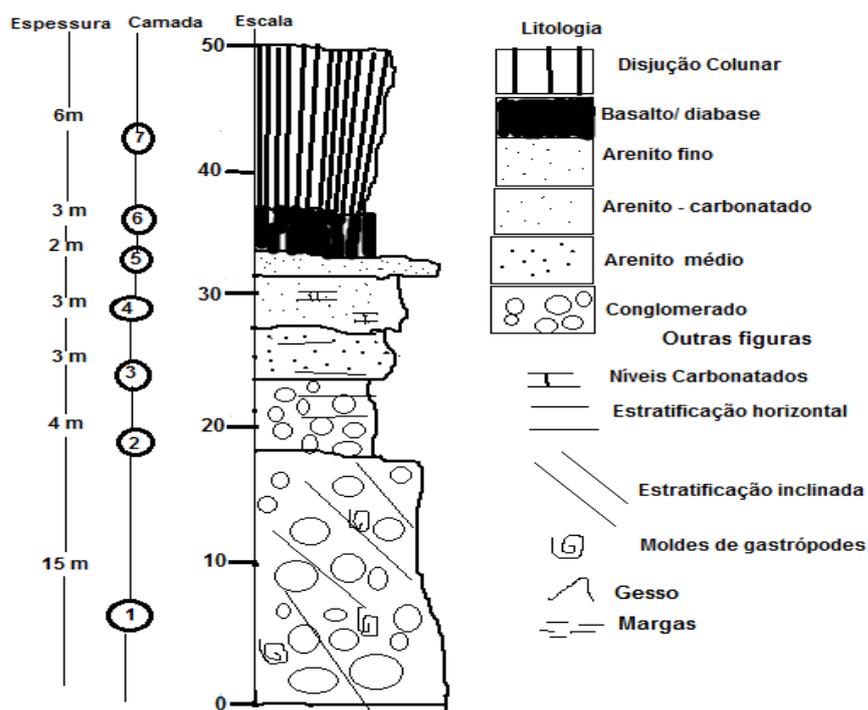


Figura 3.3. Representação gráfica do perfil 1.

Camada 1: um conjunto conglomerático com cimento carbonatado suportado por clastos de quartzitos – arenitos, pórfiros graníticos molde fossilizados e ainda rochas metamórficas e basaltos em menores quantidades. É caracterizada por geometrias sigmoidais em resultado da inclinação das camadas. O acesso directo é dificultado devido as características das vertentes.

Camada 2: um conjunto de conglomerado que, à distância, se pode deduzir ter estrutura sub – horizontal. Os tamanhos dos clastos maiores variam entre 10 – 30 cm e os menores inferiores 5cm.

Camada 3: o pacote de arenito é formado por uma granulometria médio – fino e de cores avermelhadas, bem calibrados, pouco cimentados e uma estratificação sub-horizontal.

Camada 4: os arenitos acinzentados são bem calibrados. Apresentam finíssimas lâminas de gesso e de cimentação carbonatadas. Também com uma estratificação sub – horizontal.

Camada 5: no contacto com as unidades magmáticas observa – se uma bacada de arenitos fortemente endurecidas e metamorfizadas.

Camada 6: o topo desta camada é caracterizada por uma base quase não consolidada dos basaltos que influi para uma estrutura disjuntiva colunar.

Relativamente ao perfil 2 (Fig. 3.4), os materiais que o integram são:

Camada 1: conglomerado com inclinação acentuada com uma média de clastos 2 cm a 5cm e os menores ficam a abaixo do valor de 2cm. Mal calibrados e endurecido por carbonatado e com predominância de quartzitos, pórfiros graníticos.

Camada 2: sobre os conglomerados assenta a unidade basáltica, indicando um primeiro episódio ou período da manifestação vulcânica. Aparecem como um tufo vulcânico que ocupa extensas dezenas de metros paralelamente às unidades areníticas.

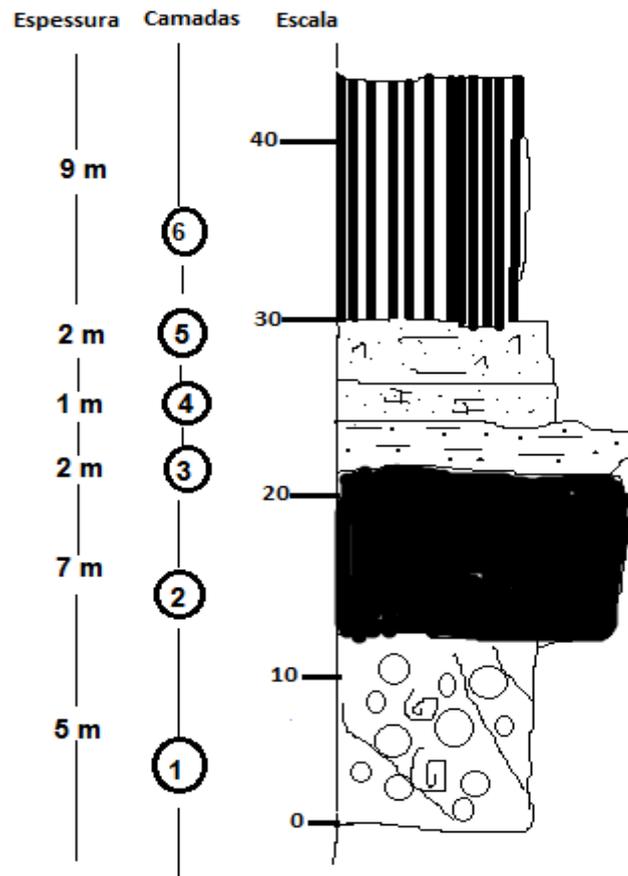


Figura 3.4. Representação gráfica do perfil 2.

Camada 3: margas em contacto com as unidades magmáticas e acompanhadas por cimento carbonatadas e com granulometria média.

Camada 4: arenitos fino com a presença de camadas finas de calcário que sobressai formando saliências na unidade e pouco calibrado.

Camada 5: o arenito amarelado que fortemente cimentado, bem calibrado e com granulometria fina e apresenta de lenticulas de gesso

Camada 6: escoadas de basaltos.

O perfil 3 está representado na Figura 3.5. Distingue-se, da base para o topo:

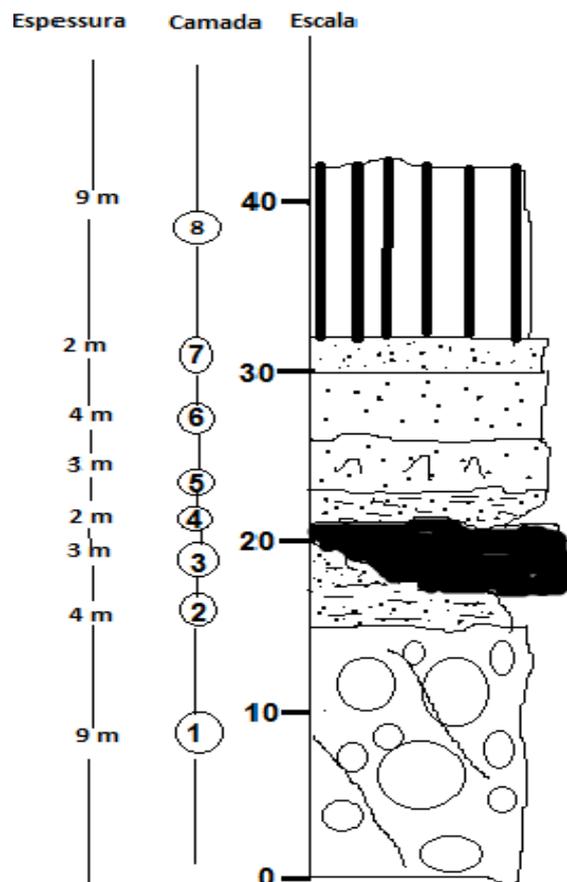


Figura 3.5. Representação gráfica do perfil 3.

Camada 1: conglomerados muito grosseiros mal calibrados e não consolidados com textura de matriz arenítica, majoritariamente suportada por clastos de pórfiros graníticos, quartzitos e basálticos e, com cimento carbonatado. Os clastos de maior dimensão podem atingir os 30cm. Apresentam uma tonalidade avermelhada e com pouco vestígios de fósseis.

Camadas 2 e 3: margas com calcários e no contacto as unidades magmáticas apresentam duras e metamorfizadas.

Camada 4: um corpo basáltico intrusivo concordante com os estratos e visível a distância.

Camada 5: sequência de arenitos o primeiro com presença de gesso contido.

Camada 6: arenitos de cores amarelados ou acinzentados com uma estratificação inclinada resultado do corpo vulcânico e cimentação carbonatada

Camada 7: em resultado do contacto com as unidades magmáticas apresenta uma cor avermelhada oxidada pelo magmatismo e bem calibrada.

Camada 8: disjunção colunar.

O perfil 4 está representado na Figura 3.6. Distingue-se, da base para o topo:

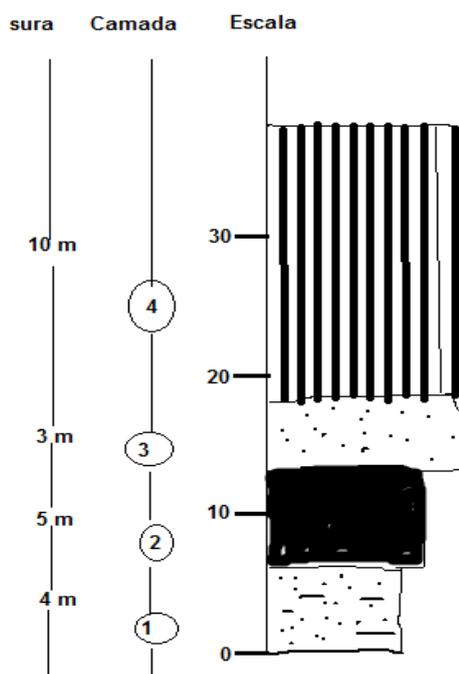


Figura 3.6. Representação gráfica do perfil 4.

Camada 1: arenitos – margas finos, cor amarelo a acinzentados, com uma ligeira inclinação sentido Oeste.

Camada 2: o basalto concordante com os estratos adjacentes, pode – se interpretar como uma escoada que é visível em todo o afloramento.

Camada 3: arenitos avermelhados circundam as camadas basálticas tanto intermédia como o do topo, bem calibrados, forma tabular, levemente cimentados.

Camada 4: topo disjunção colunar com pode atingir os 10 m de altura.

O perfil 5 representa uma escoada basáltica espessa (Fig. 3.7). Observa-se uma dinâmica vulcânica entre tufos e diques basálticos e, em contacto com a linha da costa, disjunções colunares que atingem acima de 50 metros de altura. A parte inferior do Piambo é a camada que mais se identifica com facilidade.

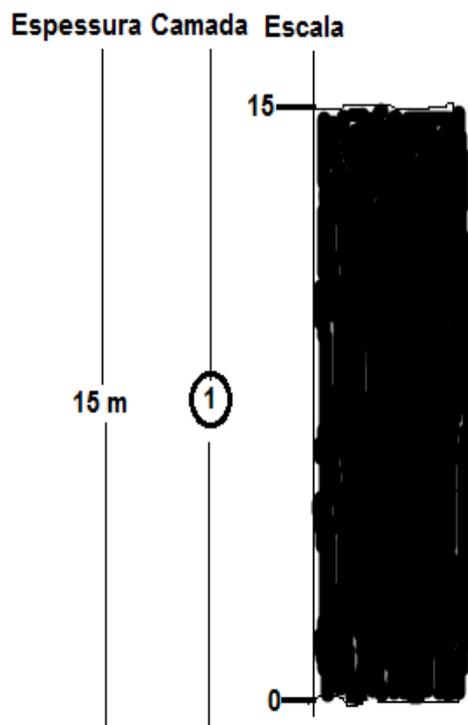


Figura 3.7 – Representação gráfica do perfil 4.

Na figura 3.8 apresenta-se a correlação das unidades estratigráficas reconhecidas nos perfis analisados.

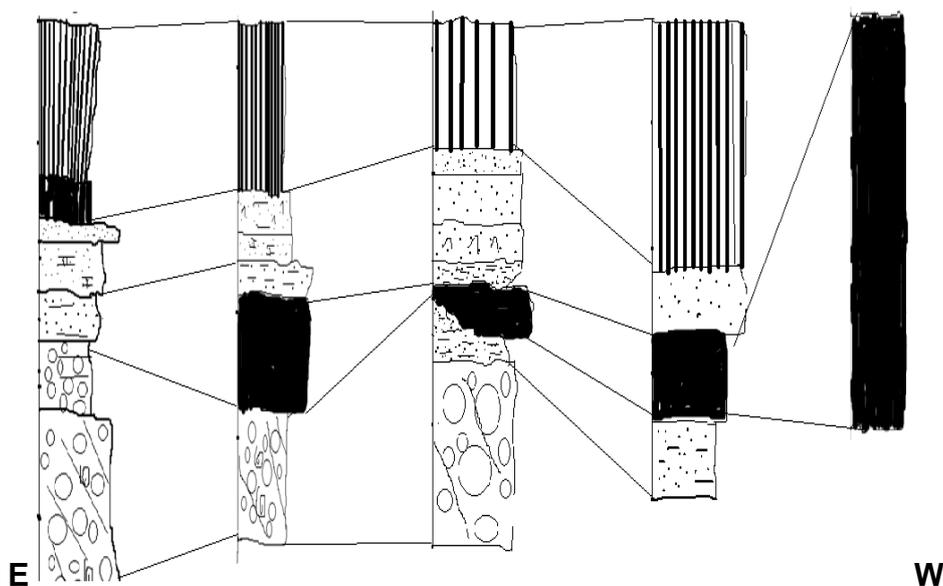


Figura 3.8 - Correlação das unidades estratigráficas com relevância os episódios vulcânicos e as discontinuidades identificadas neste painel estratigráfico.

As unidades estratigráficas da bacia do Namibe representadas na tab.2.3 correlacionam-se com as unidades descritas para o Vale do Piambo. Assim:

A base da camada 1 dos perfis estratigráficos 1, 2 e 3 corresponde às unidades do Barremiano e do Neocomiano Jurássico do Superior da tabela 2.3;

No perfil 1, as camadas 3 e 4; no perfil 2 as camadas 4 e 3, e no perfil 3 as camadas 5 e 6, correspondem a arenitos – carbonatados, correlacionáveis com a unidade cinco (5) da tabela 2.3, Paleocénico – Eocénico – Oligocénico;

O perfil 2, camada 3, no perfil 2 e 3, e no perfil 4 a camada 1, correspondem ao Senoniano (Turoniano – Cenomaniano), a quarta unidade da referida síntese estratigráfica da bacia do Namibe;

3.2 - Interpretação dos dados de campo

A recolha de dados do campo foi utilizada para o procedimento de análise de fácies, descrição e classificação de um corpo sedimentar tendo em conta o modelo de fácies, interpretação dos processos, sistemas, estruturas, geometria e do meio de deposição que caracterizam geologicamente a zona do Vale do Piambo.

Estes dados favoreceram e ajudaram na identificação de falhas, dobras, zonas de contacto bem como a sequência sedimentar da orla angolana com seus múltiplos processos tectónicos que identificam e marcaram sua história geológica.

Foram registados três factores principais que controlam o preenchimento e os padrões de estratificação e distribuições litofácies na Bacia do Namibe: subsidência tectónica, variações eustáticas do nível do mar e volume de aporte de sedimentos. As fácies sedimentares reflectem, a variação lateral e vertical das características litológicas, geométricas, estruturas, paleontológicas, paleocorrentes e limites estratigráficos em sequências sedimentares como expressão das mudanças dos ambientes deposicionais ou de mecanismos deposicionais (Walker, 1984).

Esta etapa do trabalho consiste também na compilação de dados definição de código de fácies, sua interpretação e discussão com vista a elaboração do relatório final do estudo.

A interpretação de campo teve como base os trabalhos já feitos por Darteville (1942; p.189) Casier (1941; p.107), Mouta (1954,pp.58 e 69), Spath (1931, p.315 e 1951,p.123) e Carvalho (1961). Segundo estes autores, possivelmente durante o Aptiano ou Albiano a região esteve sujeita as seguintes condições paleogeográficas:

1º Condições paleogeográficas favoráveis a gênese de depósitos de unidades salinas dominaram a região da orla sedimentar, o que permitiu a acumulação de depósitos detríticas em reentrâncias do Complexo Antigo, juntamente com depósitos de gesso, de calcários dolomíticos com óxidos de manganésio, barite e celestite;

2º Posteriormente, um regime continental predominou a região, durante o qual se acumularam, sobre os depósitos de unidades salinas, detritos grosseiros que originaram conglomerados com grandes blocos de rochas do Complexo Antigo; estes depósitos correspondem a cones torrenciais acumulados por cursos de água, derivados de um maciço montanhoso que deve ter existido na zona oriental da Orla sedimentar;

3º Ainda durante o Albiano, o mar teria invadido a região, mais só parcialmente, e acumulou depósitos de calcários na zona norte, da actual Orla Sedimentar;

4º Cenomaniano – Turoniano acumularam – se depósitos, essencialmente de calcários, com amonites desta idade, denunciado um regime transgressivo que atingiu apenas a zona norte da Orla sedimentar, pois depósitos com aquela fauna são desconhecidos na zona meridional da orla.

Pode concluir-se que as falhas tiveram o seu papel importante no período posterior do Cenomaniano – Turoniano que delimitaram e compactaram alguns sectores da margem sedimentar.

Estes sectores são identificados como tendo proporcionado vulcanismos e deram origem de rochas vulcânicas que cobrem as formações do Cenomaniano – Turoniano apresentando – se sob a forma de diques, ou tufos. Estas erupções terão ocorrido na fase inferior do Turoniano e, foram reconhecidas pelo menos três etapas evolutivas sucessivas de vulcanismo, intercaladas por rochas sedimentares.

3.2.1 – As unidades carbonatadas

O Cenomaniano representa um período de condições altamente favoráveis à deposição de carbonatos.

No Vale do Piambo esta unidade inicia com intercalações de arenitos finos e arenitos calcários estes últimos com abundantes de fosseis e, unidades basálticas, sucedendo o topo pelas escoadas vulcânicas.

Estas unidades distinguem – se pelo desnivelamento de período de tempo de depósitos e pela fauna e sendo mais fechados ou abertas por barreiras de ambientes interditaes, lagunas evaporíticas.

As unidades calcárias, com intercalações gresosas, correlacionam-se com a unidade Catumbela e os margo – calcários a unidades Quissonde. Fazendo uma correlação com a Bacia sedimentar do Kwanza (Guiraud et.al.,2010); ambas com idades Albiano, os vários grupos paleontológicos, com presença de amonites.

Um dos aspectos que se deve referir é a presença de lenticulas de gesso que aparecem constantemente nos limites dos calcários - arenitos em contacto com as escoadas basálticas estas unidades apresentam uma cor avermelhada devido a oxidação e assentam sobre as unidades de arenitos médio ou fino.

No seu conjunto, estas unidades representam reentrâncias e vertentes abruptas do vale por influência da erosão e pouca consolidação dos sedimentos. As unidades carbonadas podem ser observadas desde a zona de falha até ao ponto de cone vulcânico que determina a sua interrupção.

3.2.2 – As unidades de evaporitos

As maiores ocorrências de evaporitos na Terra são observadas apenas no passado geológico, não havendo exemplos atuais de deposição de evaporitos formando amplas e espessas acumulações em ambientes continentais ou marinhos (Friedman, 1972; Schreiber, 1978 a; 1978 b; Kendall, 19841).

Existe factores críticos que controlam a formação dos minerais evaporitos e seu acúmulo que são: a baixa humidade relativa do ar, a temperatura, o conteúdo iónico inicial e suas relações e independentemente do caracter ser continental ou marinho do ambiente de formação.

O sistema de rifte no Vale do Rio do Piambo originou uma bacia lagunar confinada no período da fase da evolução do golfo do Oceano Atlântico, caracterizado por enchimento de sedimentos evaporitos através da vaporização e da constante aridez e soterrado, recobertos depósitos de unidades terrígenos.

As unidades evaporíticas enquadram-se num conjunto designado por Formação Salino, suporte da unidade dos conglomerados (Fig. 3.9, 3.10). Esta formação apresenta duas características distintas no quadro geral da estrutura da orla sedimentar do Namibe, que são:

- a) Uma série inferior, constituída por arenitos, argilas e margas com gesso que preenchem fendas ou constituem bancadas de espessura variável;
- b) Uma outra série que é constituída essencialmente por calcários dolomíticos, que podem estar silicificadas e encerra massas de sílex, ou estar mineralizados por óxidos de magnésio, barite e celestite. Esta série inclui grandes bancadas de gesso com grande variedade de espessuras e extensões que vão desde dezenas de quilómetros quadrados e podem atingir os 60 m de altura. A forma destas faixas denuncia os periclinais de enrugamentos situados nas zonas vizinhas do contacto da orla Sedimentar com o Complexo Antigo. (Carvalho, 1961). Denunciado um dinamismo tectónico – sedimentar provocado por deslocação de estrutura salina na fase inicial antes de sofrer a meteorização.

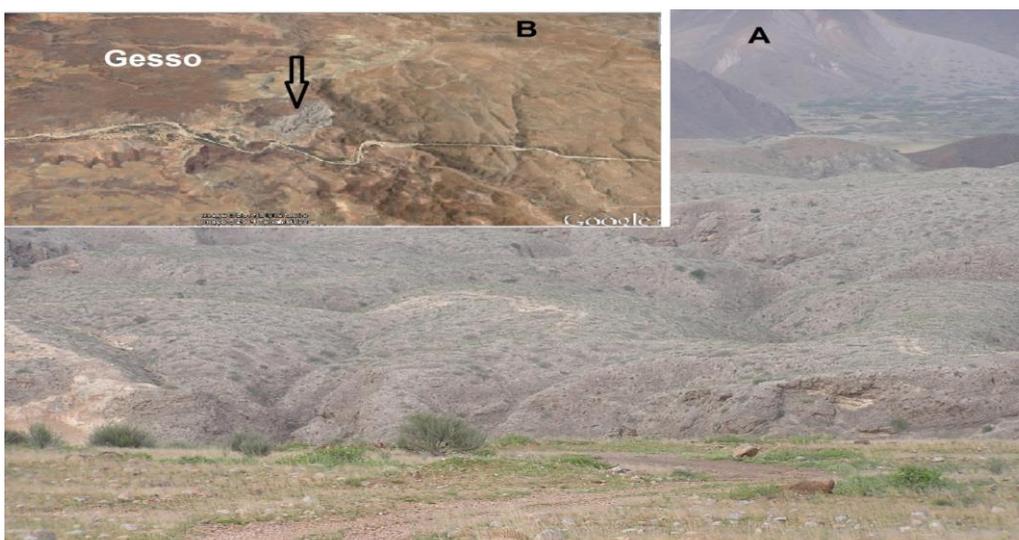


Figura 3.9. Afloramento de gesso no Vale do Rio Piambo **(A)**.Google Earth (2013) destacando as manchas o cinzento como características do afloramento. **(B)** Aspecto do afloramento visto no espaço.

As grandes bancadas de gesso apresentam uma cor amarelada, branca fusco vista de campo e, quando observado imagem espacial tendem a ter uma cor acastanhada, incluindo material granular, por vezes fino ou um pouco fibroso como *stain spar* com aspecto porfiróide. Quando intercala as unidades carbonatadas aparecem em geral macladas e com grandes fenocristais de selenite típicos em sedimentos finos de arenitos. Os nódulos entre 1 a 2 cm sempre com uma matriz carbonatada e uma textura do tipo *chicken wire*. Estas unidades apresentam um carácter lenticular, ritmicamente em paralelo e conservado a génese das texturas e estruturas sendo bons indicadores paleoclimáticos.



Figura 3.10. Afloramento de gesso no Vale do Rio Piambo numa perspectiva diferente da da figura anterior.

3.2.3 – Unidades conglomeráticas

As unidades conglomeráticas do Vale do Piambo predominam uma vasta região da bacia sedimentar do Namibe (Fig. 3.11). Podem ser observadas no Vale do Piambo e, enquadradas no conjunto das formações Cretácico Inferior. (Carvalho, 1961).Aparecem com frequência corpos de arenito siltoso avermelhado de aspecto maciço. Os conglomerados na bacia do Namibe e do Vale do Rio do Piambo em particular, ocupam extensas áreas do bordo da

bacia. O que está de acordo com as características sedimentológicas e corresponde a um maior intervalo de tempo nas zonas a montante, sendo possivelmente no período albiano.

Para a Bacia do Kwanza esta unidade, corresponde a Formação Twenza, atribuída ao Albiano (Inferior a Médio), e a fácies proximais (fácies 2 em Quesne et al., 2009; Carvalho, 1961).

Estas evidências resultam dos conglomerados serem bastantes espesso com seixos com uma morfometria marinha e uma matriz arenosa. Esta unidade ocupa uma posição média no conjunto das Formações do Cretácico Inferior e ocorrência de moldes e fosseis são frequentes neste conjunto.

Os conglomerados do Piambo são determinados por duas unidades desiguais: a primeira, o complexo antigo, apresenta clastos e calhaus delgado do conjunto compactado denunciando saliências visíveis ao longo das suas vertentes deste a base até ao topo. A segunda é mais compacta e está representada por uma forte reentrância e uma forte erosão.

Numa análise geral os conglomerados do Piambo, apresentam pacotes de espessura que vão desde os 15 m diminuindo á medida que se aproximam da linha da costa. Salientar que há um sector em que os conglomerados são observados no topo do Vale do Piambo.



Figura 3.11. Afloramento de Conglomerado no Vale do Rio Piambo.

3.2.4- As unidades de arenitos do Vale do Piambo

Os processos transgressivos e regressivos da bacia sedimentar do Namibe, tal como, aconteceu nas restantes bacias angolanas em particular e, nas bacias do Atlântico Sul no geral, provocaram eventos que influenciaram os depósitos importantes na interpretação histórica de recursos petrolíferos. Os arenitos do Piambo assentam sobre os conglomerados e definem uma dinâmica sedimentar muito típica das margens de bacias passivas. Os arenitos do Piambo encontram-se na generalidade distribuídos ao longo da região do Piambo e servindo de base às formações vulcânicas - basálticas ou encaixadas entre os basaltos e os conglomerados continentais.

Os arenitos representam unidades muito expressivas ao longo do Vale a partir da linha de contacto com o complexo antigo e vão até a zona de descontinuidade transversal paralela á linha costa que separa as vulcânicas - basálticas.

Os arenitos demonstram uma deposição planar entrecruzada e manifestando paralelismo a deposição da estrutura sedimentar do Vale.

Os elementos mais representativos são os feldspatos e quartzos e bem cimentados em certos momentos passando a carbonatados quando em contacto com os basaltos. No Vale do Piambo foi possível identificar duas unidades de arenitos (Fig 3.12).

O quartzo e feldspatos compondo uma fracção importante na estrutura das rochas e que permite concluir a existência de granitóides pórfiros na área fonte de erosão inicial. Os arenitos médios estão representados por camadas de cerca 2,5 á 3 m de cor amarelada, com laminação plano paralela, granulometria fina e bem seleccionada. Apresenta geometria tabular, dessas camadas estratificadas em paralelo sem observação de marcas de ondulação.

As continuidades laterais são expressivas na maior parte do afloramento.

No contacto com a unidade basáltica formam numa espessura e diminuindo até desaparecer junto a linha da costa. Nota – se a intrusão de filões vulcânicos cortado unidades areniticas provocando uma descontinuidade e deformação estrutural da unidade. Os arenitos arcosicos revelam calibragem deficiente e reflectem a natureza do soco. Os finos com abundancia e diversificada fauna.

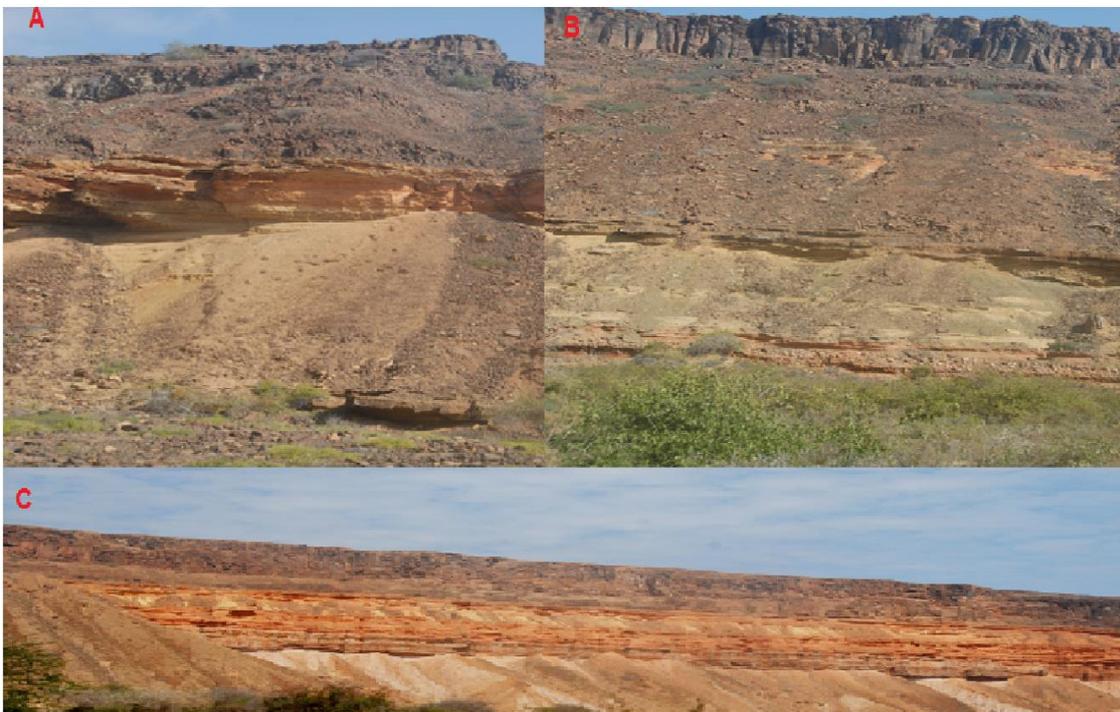


Figura 3.12. A sucessão sedimentar de unidades areníticas - carbonatadas em diferentes posições do Vale do Piambo.

3.2.5 - As unidades vulcânicas do Vale do Piambo

Ao longo da orla sedimentar da bacia do Namibe tiveram lugar vários fenómenos de origem vulcânica, no período de intervalo que vai desde o Turoniano até ao Coniaciano e finais de Campaniano (Mouta & Borges 1926; Faber 1923; Beetz, 1933; Carvalho, 1961). As rochas vulcânicas circunscrevem – se em largas áreas junto dos vales de rios e nas vertentes abruptas em contacto com o mar e nas direcções Norte – Sul e sentido Este - Oeste da orla sedimentar do Namibe.

As camadas do manto vulcânico na orla sedimentar manifestam – se de várias formas, caracterizando o período da sua consolidação (Fig3.13).

No Vale do Rio Piambo, observações feitas ao longo do afloramento indicam que ocorreram, pelo menos, dois períodos vulcânicos que originaram dois níveis de rochas vulcânicas intercaladas por estratos carbonatados ou arenitos

oxidados. O primeiro episódio é ante - campaniano. (Carvalho, 1961). O primeiro episódio vulcânicos contém maior predominância na direcção Este –

Oeste em paralelo as duas vertentes e com pendor das escoadas vulcânicas a tender mais para sul - oeste. Estas estruturas vulcânicas não são observadas em filões mais sim, em escoadas ocupando longas distancias que podem chegar 15 km de comprimento ao longo do Vale. Estas estruturas basálticas podem atingir uns 10m de espessura em contacto com o mar e ao logo da vertente do Vale variando de 2 a 4m.

De forma intermitente aparecem materiais piroclásticos em forma de filões nas camadas continentais – fluviais como tufos vulcânicos, cinzas vulcânicas diques e com frequência fumarolas e, enquanto na parte terminal do Vale esses elementos são mais frequentes.

A observação de dois eventos vulcânicos na região em estudo pode pressupor que, as escoadas de manto vulcânicas encontravam – se á superfície e foram erodidas pelo tempo, demonstrando claramente serem de uma era anterior aos depósitos sedimentares continentais (Fig 3.13). Estes dois níveis de escoadas vulcânicas, intercaladas por materiais de origem sedimentar marinha, que em algumas extensões estão bem cimentados por carbonatos e oxidados. Tanto o primeiro episódio como o segundo episódio denunciam que a região foi uma zona tectonicamente activa.

As camadas ao nível inferior das escoadas de mantos vulcânicos são observáveis desde a zona leste até à zona oeste do Vale do Rio Piambo e definem um evento mais antigo da orla sedimentar da bacia do Namibe, expostas a superfície do afloramento. Com idades campanianas assentam sobre uma camada de arenitos.

Devido ao basculamento do bordo das regiões das bacias sedimentares, as escoadas vulcânicas nesta região possuem maior espessura nas proximidades donde teria ocorrido o cone vulcânico, e diminuindo nas regiões equidistantes do mesmo, ou seja, diminuindo no sentido oeste – leste na direcção do vale.

É de salientar que esta camada de escoamento basáltico foi bem analisada e estudada por Carvalho (1961) que a descreveu e determinou a sua idade relativa. Próximo da foz do Rio Piambo observam-se estruturas denunciando

um cone vulcânico fracturado com disjunção prismática. O que se pode perceber, para além da existência de foco vulcânico é a existência também de focos próximos da zona emersa do continente.

Os materiais de origens vulcânicas como os piroclastos são marcantes e de forma intermitentes com realce na zona junto a foz.

Com forte presença de elementos tectónicos como a falha identificada e observada no local que corta transversalmente o Rio Piambo bem com os sinclinais. As escoadas vulcânicas verificam – se não só no Piambo como também em grande extensão da orla sedimentar do Namibe.

Pode – se utilizar como um bom indicador temporal desta orla quando se quiserem fazer futuros estudos das estruturas sedimentares continentais do bordo da bacia sedimentar.

As rochas vulcânicas estando associadas com as rochas sedimentares, indicam uma relação clara ao estágio de *rift* da orla sedimentar do Namibe.



Figura 3.13 – A representa a disposição das escoadas basálticas que aparecem em escalas várias, como escoadas, filões ou como tufo e disjunções prismáticas.

3.3– Sistema deposicional da bacia do Namibe (vale rio Piambo)

3.3.1 – Arquitectura deposicional

A manifestação das camadas de conglomerados indica uma deposição onde o factor gravidade e energia foi extremamente importante, ocorrendo em *onlap* e com fonte proximais e terrígenos com um cimento silte á argiloso.

Tanto os sedimentos conglomeráticos como os arenitos que sobrepovoam esta região são anteriores dos acontecimentos vulcânicos da primeira ordem. O último episódio vulcânico que ocorreu e posterior de depósitos carbonatados de evaporitos que são bem representados e identificados nesta região.

As espessas camadas de gessos que fazem parte das Formações da Série Cretácicas, marinha raso. São constituídos por arenitos, argilas e margas que são observados no Vale do Piambo.

As unidades intercaladas constantemente e alternadas com unidades vulcânicas no Vale do Piambo indicam uma dinâmica de variações climáticas, tectónicas, sendo o principal elemento deste factor é a grande Cordilheira de *walvis*. Este factor favoreceu na acumulação e nas variações de sedimentos tanto continentais como de marinhos pouco profundo.

Toda história da abertura do atlântico sul do lado angolano foi condicionada pela cordilheira de *Walvis* e pelas altas temperaturas.



Fig 3.14 - Localização das unidades evaporíticas e a linha de falha marcado a zona de contacto entre o Complexo Antigo e Formações Sedimentares. (Googlemaps®).

3.3.2– Estrutura geológica do Vale do Rio Piambo

A estrutura geológica da bacia do Namibe não difere das suas congéneres angolanas e da América do Sul. O tectonismo teve uma grande influência nos sedimentos observados hoje na orla ocidental de Angola onde engloba a bacia do Namibe (Vale do Rio Piambo). Ocorreram na sequência da separação da África e América do Sul, que evoluiu uma série de bacias de margem passiva, lacustres e marinhas. O condicionante geométrico da bacia do Namibe basicamente está caracterizado por principais factores que são:

- Uma fracturação inicial do soco, durante o Neojurássico – Eocretáceo que ocasionou o surgimento crustal e a formação de bacias periféricas preenchidas por sedimentos flúvio-deltaico-lacustre;
- O rift correspondente a um estágio inicial de formação da bacia além de estar ligada a subsidência inicial, também marca as falhas que fracturaram a litosfera que no vale do Piambo foi acompanhado por intensas actividades vulcânicas. Na fase inicial os depósitos foram basicamente clásticos continentais e, em fossas continentais;
- A tectónica salífera no Aptiano, devido á mobilidade do sal – gema, resultado na subsidência e no basculamento para o oeste da margem.

O segundo ponto deste arranjo é a sobreposição dos depósitos maestrichtianos carbonatados – evaporitos – arenitos as formações do complexo antigo, ocultando por completo a falha no limite norte do Vale do Piambo que delimita aquela zona da orla sedimentar.

Pode também observar, isto é, através de estudo de campo com ajuda de imagens aéreas um alinhamento de geossinclinal e sinclinal ao longo da área de estudo, provocada provavelmente pelo deslocamento e deslizamento de evaporitos reestruturando toda aquela zona. A fase de rift ocorre no Neocomiano Superior – Barremiano com registos de basaltos e de rochas vulcânicas clásticas com 130 e 120 Ma. Albiano – Cenomaniano as condições marinha carbonatos clásticos e durante a fase final de subsidência térmica e basculamento que gerou um diastrofismo. A bacia foi coberta por sedimentos

proximais – areno- conglomerático, carbonáticos e na parte distal com arenitos turbidíticos intercalados.

Um grande pacote sedimentar sin – rift conglomerados continentais, arenitos associados a carbonatados. No Cenozóico ocorreu um episódio magmático importante que diferenciou os grandes rearranjos de estruturas do Piambo.

A sequência de plataforma – continental, originou sedimentos arenosos proximais progradante.

Capítulo 4 – ÁREA “OFFSHORE” CONTÍGUA: CONDIÇÕES GEOLÓGICAS E INTERESSE POTENCIAL PARA PROSPECÇÃO DE HIDROCARBONETOS

4.1 - Introdução

Como todas as bacias sedimentar costeiras de Angola, a Bacia do Namibe tem o seu maior desenvolvimento na região oceânica contígua (*offshore*).

A zona “*offshore*” da Bacia do Namibe foi coberta, de modo sistemático, por perfis sísmicos - 2-D e 3-D, os quais possibilitam um conhecimento da sua geologia, mas são contudo raras as sondagens efectuadas nessa região e as que foram realizadas tiveram por objectivo a investigação e não a prospecção de hidrocarbonetos (Fig. 4.1). Contudo, a Bacia do Namibe parece ser a margem conjugada da Bacia brasileira de Santos, onde foram recentemente evidenciadas reservas muito elevadas de hidrocarbonetos em associação com o “pré-sal” (os 4 campos de gigantes de Tupi, Carioca, Júpiter e AbareOeste correspondem às maiores descobertas, a nível mundial, desde 1970).

Como veremos mais adiante, apenas na Namibia já foram realizadas algumas sondagens para prospecção petrolífera.

As Fig. 4.2 e 4.3 indicam a localização dos perfis sísmicos efectuados. Neste momento a maioria destes dados não estão ainda disponíveis. Existe também um levantamento gravimétrico que abrange as bacias do Namibe e Benguela (Fig. 4.4).

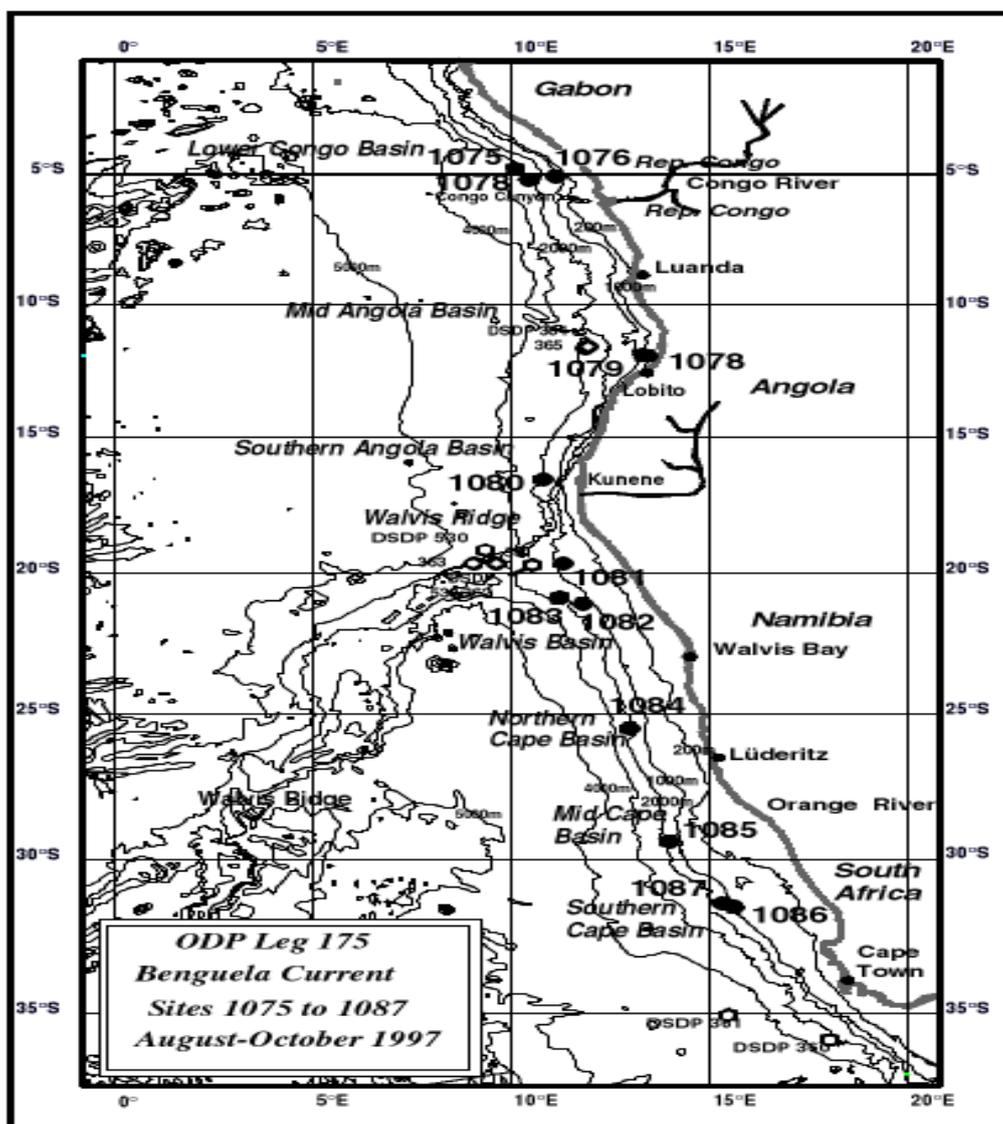


Figura 4.1. Localização das sondagens de investigação no Atlântico Sul ao largo da costa de Angola e Namíbia, realizadas em 1997 (segundo Wefer et al., 2002). De interesse especial para esta tese são os locais 1080 e 1079.

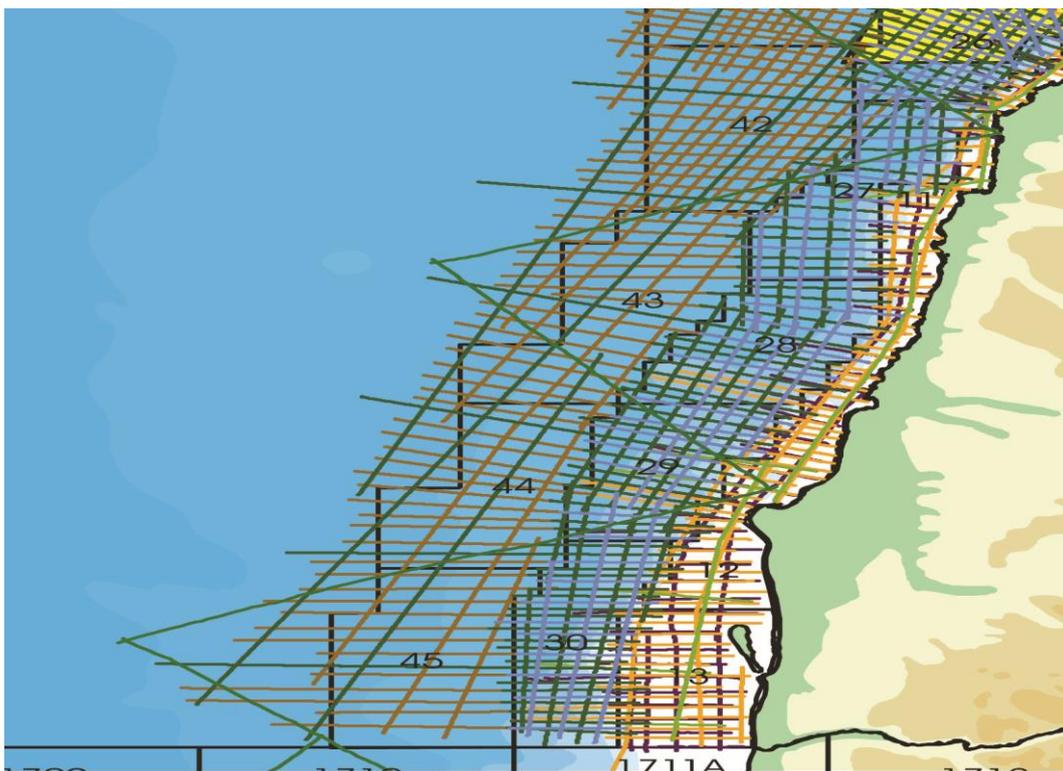


Figura 4.2 - Mapa global com a localização dos perfis sísmicos situados na parte oceânica de Angola a Sul de Benguela (dados de Western Geco, 2010).

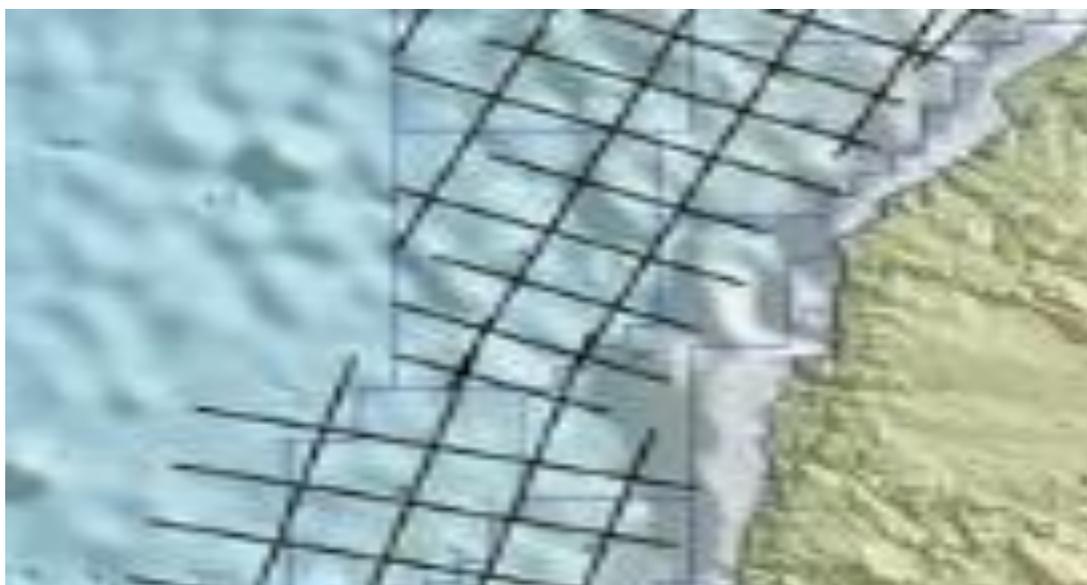


Figura 4.3 - Mapa com a localização dos perfis sísmicos situados na parte norte da Bacia do Namibe e executados em 2010 (dados de PGS).

A presença na Bacia do Namibe de um conjunto pré-sal, tal como sucede, com

a sua conjugada Bacia de Santos, é um dos factores que recentemente chamou a atenção para a potencialidade desta bacia. Existem, contudo muito pouco publicado sobre a parte angolana da Bacia do Namibe, tendo apenas sido possível tomar conhecimento dos seguintes trabalhos (Abilio & Inkollu, 1989; Lentini et al., 2010; Moulin et al. 2013; Koch et al., 2013).

Neste momento a atenção está fundamentalmente centrada na identificação de estruturas de “horst” e “graben” formadas na fase de rifte, que já podem ser visíveis em levantamentos sísmicos. Essas estruturas estão geralmente recobertas por um conjunto sedimentar, com algum vulcanismo, com 3-5 km de espessura. A zona de transição da crosta continental para a crosta oceânica, interpretada a partir dos dados sísmicos e gravimétricos, mostra uma assimetria que refletiria a evolução da Bacia.

Como vimos no capítulo anterior, o conjunto “pré-sal” da região do Piambo é constituído essencialmente por formações vulcânicas ácidas, as quais assentam directamente sobre o substrato Precâmbrico. e sobre essas rochas vulcânicas há uma fina camada com conglomerados de grande dimensão, que anunciam o início do “rift”

O emparelhamento de bacias sedimentares entre a costa leste da América do Sul e as da costa oeste do Sul de Africa é um facto desde há muito conhecido, mas quando examinado em pormenor, há assimetrias entre as bacias dos dois lados do Atlântico Sul. Essas assimetrias devem estar relacionadas com diferenças na evolução de cada uma das bacias e explicariam o facto de só algumas delas possuírem grandes reservas de hidrocarbonetos.

As descobertas mais importantes de hidrocarbonetos na Bacia de Santos (Brasil) estão relacionadas com o “pré-sal”. No caso da Bacia do Namibe, o desenvolvimento das formações do pré-sal parece não ter a mesma amplitude da sua contraparte brasileira.

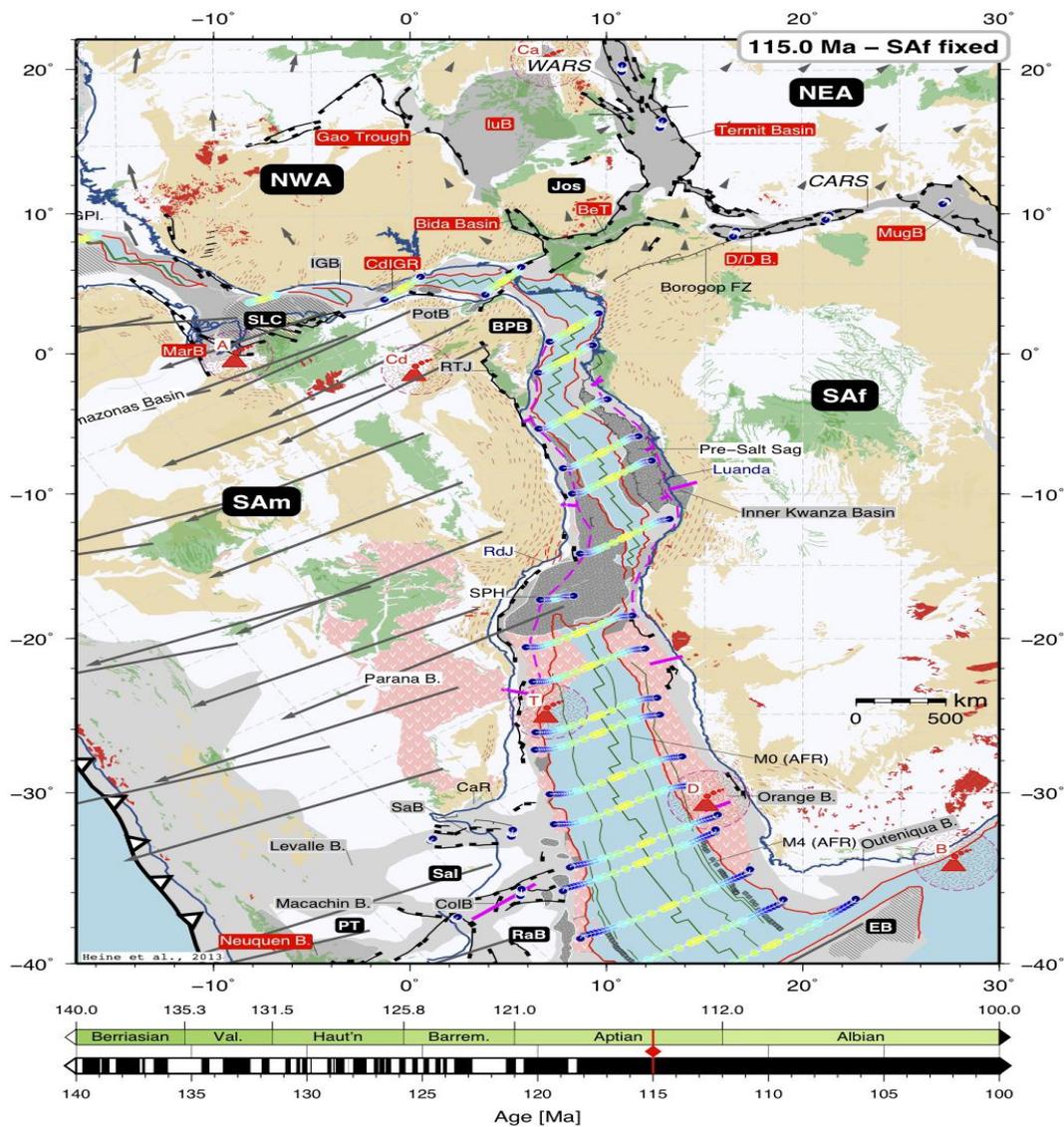


Figura 4.4 - Reconstituição do Atlântico Sul no Aptiano Superior.

O estágio de “rift” continental está associado com o desenvolvimento de semi-grabens, os quais em muitos casos correspondem à reactivação de fracturas que se tinham formado aquando da colisão entre faixas móveis no final do Pré-câmbrico.

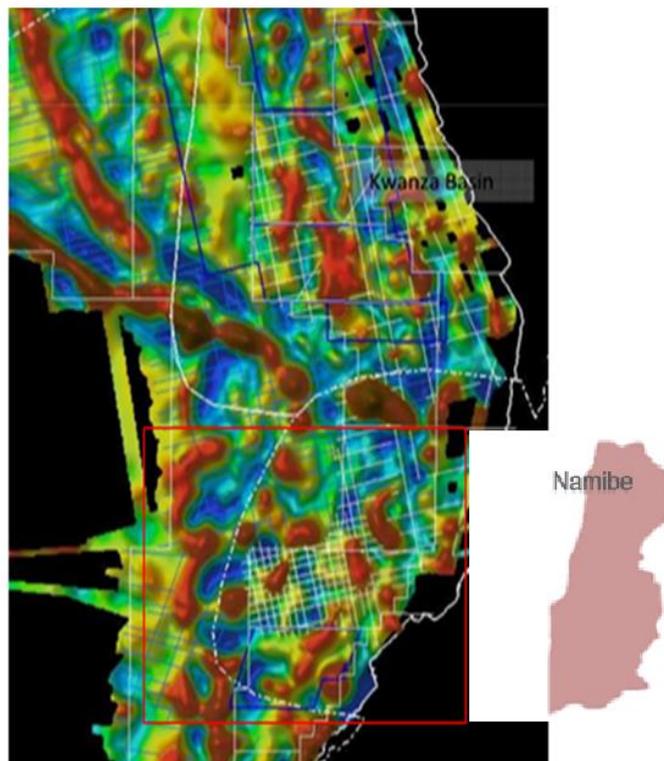


Figura 4.5 - Mapa gravimétrico da anomalia de Bouguer residual. A escala gráfica está em mgals. Alguns dos perfis sísmicos de reflexão estão localizados no mapa. É possível observar que, na parte Norte da Bacia do Namibe, há alinhamentos com direcção dominante N - S, os quais devem reflectir a presença de intrusões de rochas vulcânicas de composição basáltica, formadas durante o processo de *"rifting"*. A separar a Bacia de Benguela da do Cuanza há uma zona com direcção dominante NW-SE.

O perfil sísmico da Fig. 4.6 Confere uma indicação sobre a sequência sedimentar padrão na zona *"offshore"*. Como resultado entre a reflexão na interface e a impedância acústica ocorre nas camadas imediatamente abaixo e imediatamente acima dessa interface determinando o tempo percorrido para estas ondas sísmicas.

O perfil sísmico revela o possível padrão de estratigrafia dos processos deposicionais e da paleotopografia no caso a erosão na interpretação dos dados sísmicos.

Os controlos tectónicos-estratigráficos das bacias sedimentares que levaram os depósitos de sal Aptiano no Atlântico sul ao longo da formação das duas margens continentais africana e Brasileira.

Os dados disponíveis de geofísicos permitiram a interpretação das falhas de borda da bacia *rifte* até alguns quilómetros de distâncias no oceano, evidenciado mesmo estilo de falhas em ambos os lados.

Interpretação das linhas sísmicas com objectivo de detalhar, caracterizar e descrever os limites entre as diferentes camadas da plataforma continental e submarino oceânico.

Os dados sísmicos foram obtidos juntos do sector oeste da bacia do Namibe, no sentido NW – SW, integrando a região do Piambo. A zona próximo a costa a plataforma continental apresenta grandes falhas normais com ligeira evolução para falhas lítricas, nota – se a inclinação de reflectores acentuados, nas linhas de 600 á 800 e numa profundidade de 4000m, caracterizando o domínio distensivo da tectónica gravitacional neste sectores.

A camada superior junto a plataforma também apresenta – se espessa e uniforme superior que fica acima dos três segundos e seu limite inferior com a mesma dinâmica. As linhas sísmicas na figura estão representadas por cores para diferenciar os limites e também os intervalos de tempo. A camada marcada em linha azul limita a sequência do Miocénico caracterizando a base e topo.

O reflector marcado em verde é do cretácico superior e caracteriza a superfície de base do Miocénico e portanto limitando a camada sedimentar inferior. Aparecem reflectores que alternam e com pouca nitidez, de forma continuo e descontínuo, em alguns casos com sedimentos do cretácico superior e inferior.

Análise os dados sísmicos indicam que a princípio não há um continuidade de evaporitos porque este se observa em *offshore* e, regista – se ausência de sal, embora os dados estarem delimitados há uma área menos extensa mais uteis para inferir o estudo da região. A ausência de estruturas diápiro é um factor que condicionou a estruturação da bacia sedimentar.

Duma forma geral a sua estruturação este condicionado pelo movimento do soco que demonstra múltiplas falham em semigrabens e Horst e que constitui como base.

A sua linha de costa é abrupta como quase todas as suas congéneres angolanas, e apresentando ainda camadas de vulcânicas podendo presumir ser uma bacia térmica como é o caso do Kwanza e Congo.

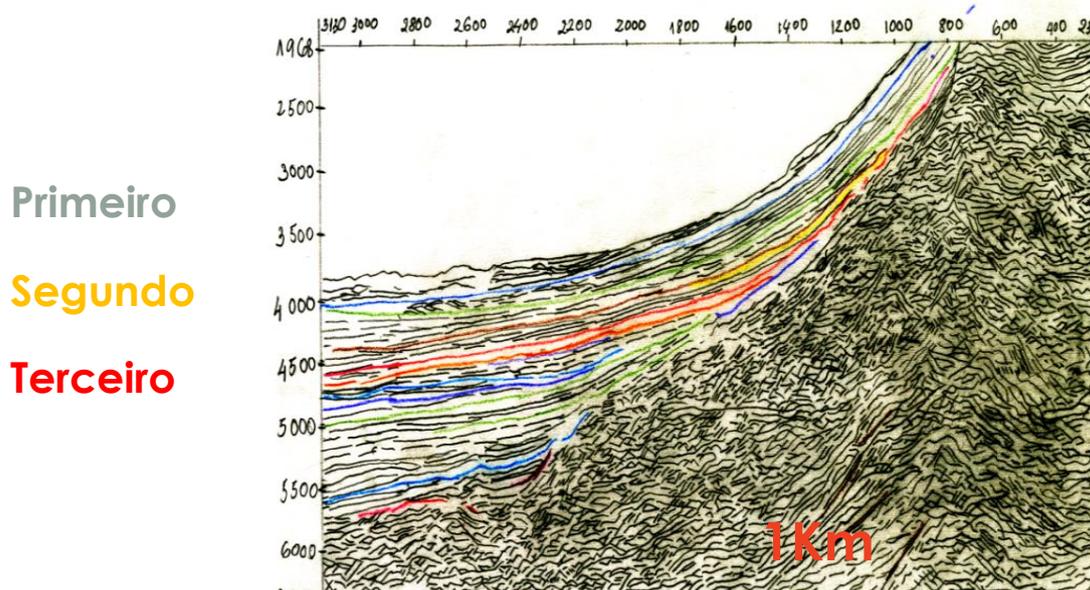


Figura 4.6 - Perfil Sísmico do bordo da bacia do Namibe. O topo da linha define um reflector continua sem truncamento com linhas curtas e, com uma tronca de litologia e apresenta uma geometria com estratos sub horizontal – listrica (**Primeiro**); A **Segunda** secção pela sua interpretação o sinal é menos nítida o implica ruído e, por conseguinte, os reflectores aparecem sem nítida definição. Observam – se discordâncias angulares numa razão de descontinuidade, reflectores contínuos; **Terceiro** unidade reflecte – se em *onlap* sobre um reflector contínuo, onde há uma troca de litologia e de contacto com o soco pré-câmbrico, reflectido estratos fortemente inclinados e com soco totalmente fracturado.

Analogicamente o perfil sísmico apresenta – nos formações terciarias que nas bacias do Congo e Cuanza são formados por turbiditos unidades do oligocénico ao Mioceno potenciais reservatórios. As unidades cretácicas que tanto aparecem em *onshore* como *offshore* neste perfil.

O perfil sísmico da Fig. 4.7 confere uma indicação complementar sobre a sequência e estrutura da parte Norte da Bacia do Namibe. Nele é possível observar um semi – graben preenchido com material do pré-sal.

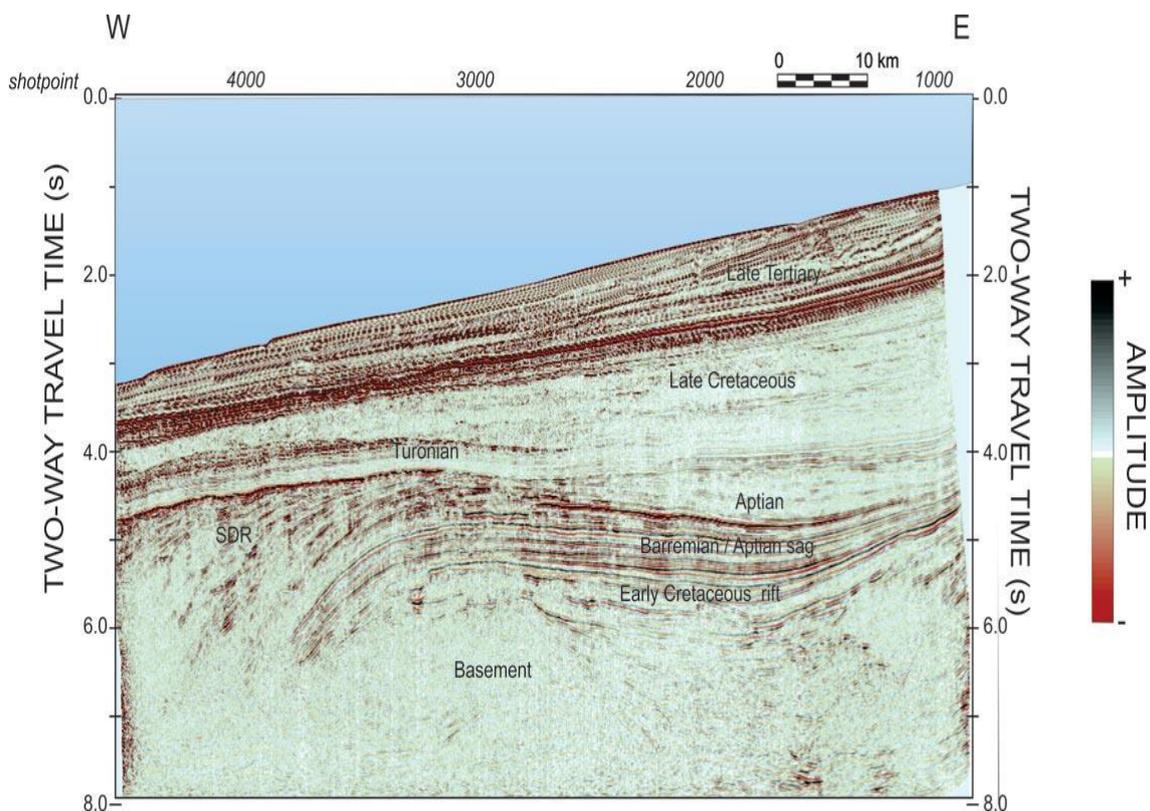


Figura 4.7 - Perfil sísmico da parte Norte da Bacia do Namibe.

Na parte Sul da Bacia do Namibe, situada já na Namíbia, foram executadas algumas sondagens, tais como Kunene-1 (mais de 5.000 m), Tapir, Tapir N e Tapir S. Na Fig 4.8.

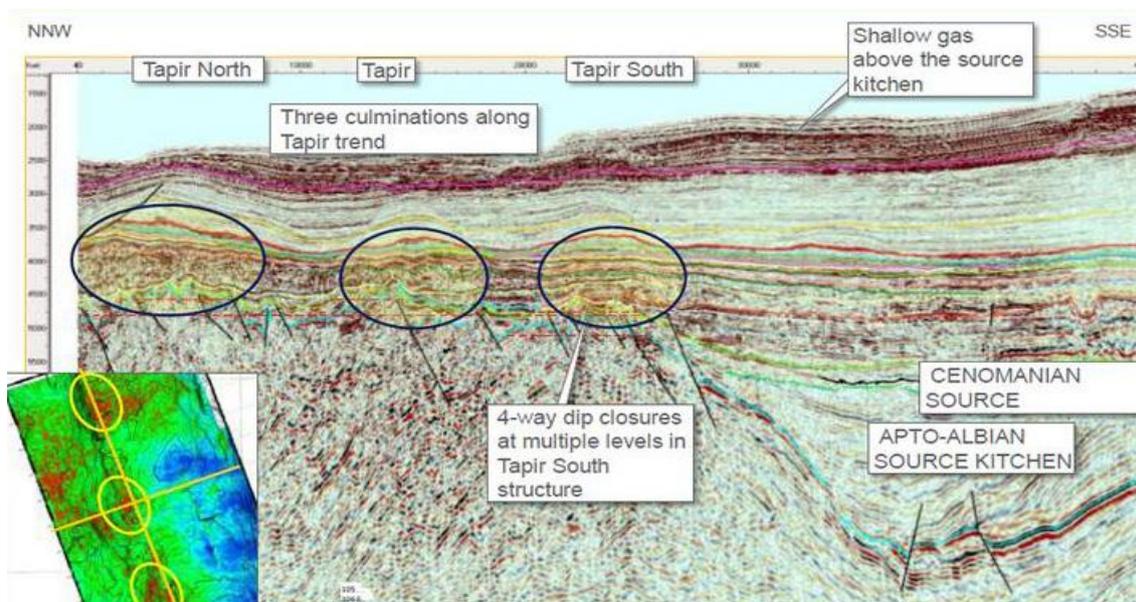


Figura 4.8 - Perfil sísmico efectuado ao longo da estrutura e passando pelas sondagens Tapir, Tapir N e Tapir S (profundidade de 4.789 m).

É possível verificar a existência de bacias descontínuas ante Cenomanianas situação que deve também existir na parte Norte da Bacia.

Capítulo 5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1- Área do vale do rio Piambo

As conclusões e considerações aqui apresentadas tem como objectivos, definidos inicialmente para o estudo e, as principais observações verificadas na análise sedimentológica e estratigráfica do Vale do rio Piambo.

A orla sedimentar do Namibe possui características muito semelhantes às das restantes bacias sedimentares costeiras angolanas, tais como a presença de evaporitos do Aptiano – Albiano, apesar de ter havido uma diferente evolução de bacia para bacia.

Com base nas características das unidades já identificadas por (Carvalho, 1961), foram potenciados pelas avaliações estratigráficas e sedimentológicas feitas neste trabalho.

Na região de estudo vale do rio Piambo identificaram – se em pormenor a arquitectura deposicional dos sedimentos, a geometria e a composição dos afloramentos em extensão, verticalidade e na horizontalidade.

Os estudos permitiram evidenciar a presença de dois episódios vulcânicos, inferiores aos sedimentos continentais referidos por Carvalho (1961).

Os conglomerados Cenomaniano – Turoniano parecem superiores às rochas vulcânicas de idade Santoniana e, com forte presença de moldes de fósseis.

Os basaltos cortam os arenitos com registo de pouca fauna, comparado com a formação do Baba.

A deposição dos sedimentos permite concluir a definição de sequências transgressivas – regressivas limitadas por superfície estratos basálticos e de arenitos finos indicativos de um ambiente calmarias e de pouca intensidade.

O esboço estratigráfico – estrutural existente, que resultou de uma integração entre os dados do campo e os fotomosaicos, permitiu a caracterização da formação do Vale do Piambo. O posicionamento desta formação da orla sedimentar faz-se por sobreposição ao complexo antigo, mas em muitos locais

situados a Norte do vale do Piambo, este contacto é feito por falhas normais, com abatimento do bloco oeste.

5.2 - Área “OFFSHORE” Contígua

Quando se compara a Bacia do Namibe com a margem brasileira conjugada, onde se destaca a Bacia de Campos com os seus imensos depósitos de hidrocarbonetos, tem-se dado recentemente especial ênfase à evolução assimétrica das diferentes bacias conjugadas.

Seria esse o mecanismo que explicaria o facto de nem sempre haver acumulações de hidrocarbonetos nos dois lados homólogos do Atlântico Sul. Como tal, um dos objectivos a ter em conta na selecção de novas áreas, seria de procurar encontrar zonas com evolução assimétrica.

É minha opinião que, sem negar a possível ligação entre a presença de hidrocarbonetos e a evolução assimétrica das bacias, deverá ser considerada como prioritária a presença de formações mais antigas ligadas à Bacia do Paraná. Na zona do Piambo, as rochas vulcânicas ácidas que constituem a base do conjunto podem corresponder à Bacia do Paraná.

CAPITULO 6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ala, M. A. & Selley, R. C. 1997. The western African coastal basins; pp. 173-186 in Selley, R. C. (ed.) and Hsu, K.J. (series ed.), *African Basins (Sedimentary Basins of the World, 3)*. Elsevier Science.
- Alberti, A., Piccirillo, E.M., Belieni, G., Civetta, I., Comin-Chiaramonti, P. & Morais, E.A.A. -1992- Mesozoic acid volcanics from southern Angola: petrology, Sr-Nd isotope characteristics and correlation with the acid stratoid volcanics suites of the Paraná basin (south-eastern Brazil). *Eur. J. Mineral.*, v.4, p.597-604.
- Antunes, M. T. & Cappetta, H. 2002. Sélaciens du Crétacé (Albien-Maastrichtien) d'Angola. *Palaeontographica* vol.264, :p.85-146.
- Berger, W.H., Lange, C.B., & Wefer, G., 2002. Upwelling history of the Benguela-Namibia system: a synthesis of Leg 175 results. In Wefer, G., Berger, W.H., and Richter, C. (Eds.), *Proc. ODP, Sci. Results, 175*: College Station TX (Ocean Drilling Program), 1–103 [CD-ROM].
- Bolli, H. M., Ryan, W. B. F. *et al.* 1978. *Initial reports of the Deep-Sea Drilling Project*, Volume 40. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
- Borges, A. 1946. A costa de Angola da Baía da Lucira à Foz do Bentiaba. *Boletim Soc. Geológica Portugal* v 5, p.141-150.
- Buambua, L. S. & Suslick, S. B. – 1997- Angola: Avaliação e Perspectivas Futuras do Setor de Petróleo, *Revista Brasileira de Energia*, Vol 6(2), 1-10.
- Cainelli, C. & Mohriak, W. U. 1999. Some remarks on the evolution of sedimentary basins along the eastern Brazilian continental margin. *Episodes*, v. 22, p 206-216.
- Carvalho, G. S. de. 1961. Geologia do deserto de Moçâmedes (Angola). *Junta de Investigações do Ultramar*, Mem. 26, Lisboa, 227 pp.
- Carvalho, G. S. -1958- As formações cretácicas da bacia de Moçâmedes, Angola e alguns dos seus problemas *Publicações do Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Faculdade de Ciências do Porto*. - Nº LXXV (1958), 32 p.
- Chang, H. K., R.O. Kowsmann, A.M.F. Figueiredo & A. Bender, 1992, Tectonics and Stratigraphy of the East Brazil Rift System: an Overview: *Tectonophysics* 213, p. 97-138.
- Cooper, M. R. -1972- The Cretaceous stratigraphy of San Nicolau and Salinas,

- Angola. *Annals of the South African Museum*, vol. 72, p. 245-251.
- Cooper, M. R. -1978- Uppermost Cenomanian-basal Turonian ammonites from Salinas, Angola. *Annals of the South African Museum*, vol. 75, p.51-152.
- Fort, X., Brun, J.P. & Chauvel, F. (2004) – Salt tectonics on the Angolan margin, synsedimentary deformation processes. *AAPG Bulletin*, V.88 (11), p.1523 – 1544.
- Garcia, A.J.V., 1991, Evolução Sedimentar da Sequência Pré-Rift das Bacias Costeiras e Interiores do Nordeste Brasileiro: *Pesquisas, Instituto de Geociências, UFRGS*, v.18, p.3-12.
- Geoci, B. -1997- Análise Comparativa da Paleogeologia dos Litorais Atlânticos Brasileiros e Africanos, Well Evaluation Conference 1991, Angola 11 (1/2): 1-18, Jan /dez. 1997.
- Hudec, M. R. & Jackson, M. P. A. -2004- Regional restoration across the Kwanza Basin, Angola: salt tectonics triggered by repeated uplift of a metastable passive margin. *AAPG Bulletin*, v 88, p971-990.
- Karner, G.D. & Gambôa, L.A.P., 2007. Timing and origin of the South Atlantic pre-salt sag basins and their capping evaporites. In: Schreiber, B.C., Lugli, S., & Babel, M. (eds.), *Evaporites through space and time. Geological Society, London, Special Publications*, 285, p. 15-35.
- Karner, G. D. & Driscoll, N. W. 1999. Tectonic and stratigraphic development of the West African and eastern Brazilian margins: Insights from quantitative basin modeling, pp. 11-40 in Camron, N. R., Bate, R. H. and Clure (eds.), *The Oil and Gas Habitats of the South Atlantic. Geological Society of London, Special Publication* 153.
- Kola et al. (2001) – Evolution of deep-water Tertiary sinuous channels offshore Angola (West Africa) and implications for reservoir architecture. *AAPG Bulletin*, V.85 (8), p.1373 –1405.
- Marton, L. G., Tari, G. C. & Lehman, C. T. 2000. Evolution of the Angolan passive margin, West Africa, with emphasis on post-salt structural styles; pp. 129-149 in Mohriak, W. U. & Talwani, M. (eds.), *Geology and Geophysics of Continental Margins. American Geophysical Union Geophysical Monographs* 115.
- Moulin, M., Aslanian, D., Olivet, J.-L., Contrucci, I., Matias, L., Géli, L., Klingelhoefer, F., Nouzé, H., Réhault, J.-P. & Unternehr, P. 2005. Geological

constraints on the evolution of the Angolan margin based on reflection and refraction seismic data (ZaiAngo Project).

Geophysical Journal International 162:p.1-24.

Musgrove, L.A. & Austin, J. A. -1983- Intrabasement structure in the southern Angola Basin. *Geology*, 11: 169-173.

Nurnberg, D. and Muller, D. 1991- The tectonic evolution of the South Atlantic from the late Jurassic to present. *Tectonics* 191:p.27-53.

Ramalhal, F. J. S. & Ramalhal, M. R. A. -1983- Notas sobre a geologia da bacia sedimentar de Moçâmedes (Angola): II. Algumas considerações sedimentológicas e paleontológicas sobre o conglomerado da Chalunga (Plio-quartenário) *Garcia de Orta: Série Geologia*. - vol.6(1-2), p.161-172.

Ramalhal, F. J.S. -1984- Técnicas sedimentológicas: ensaios de aplicação: II. Cálculo do balanço da matéria durante a meteorização pelo método de kornicenko - aplicação a rochas graníticas e gabroícas de Angola. *Garcia de Costa: Série de Geologia*, Vol. 7, nº 1 e 2, p. 67-86.

Ramalhal, M. R. A. -1984- Estudo granulométrico de algumas áreas granatíferas da região de Moçâmedes (Angola). *Garcia de Orta. Série de Geologia*.- Vol. 7(1-2), p. 141-146.

Ramalhal, M. R. A., Bernardo, A. S. & Fernando J. S. Ramalhal -1971 - Potencialidades económicas do arenito glauconítico da região do Giraul (Moçâmedes, Angola). *Boletim do Instituto de Investigação Científica de Angola*.- Vol.8 (2), P.125.

Ramalhal, Fernando J. S. & Ramalhal, M. R. A. -1977- Técnicas sedimentológicas: Ensaio de Aplicação: Cálculo da composição mineralógica virtual de produtos de meteorização. *Serviços de Geologia e Minas, Memória*.3, 15p. Luanda: Ministério da Indústria e Energia:

Reston, T. J., Ruoff, O., McBride, J. H., Ranero, C. R. and White, R. S. 1996. Detachment and steep normal faulting in Atlantic Ocean crust west of Africa. *Geology* 24:p.811-814.

Schollnberger, E. M. 2001. Seismic sequence stratigraphy of the Lower Congo, Kwanza, and Benguela basins, offshore Angola, Africa. Ph.D. dissertation, Rice University, Houston, Texas, 358 pp.

Shipboard Scientific Party. 2003. Leg 208 preliminary report. ODP Preliminary Report 108:

Soares, A. F. 1965. Contribuição para o estudo dos lamelibrânquios Cretácicos da região de Moçâmedes. *Serviços de Geologia e Minas de Angola, Boletim* 11,p. 137-168.

Sites Consultados

[Http://www.sbge.org](http://www.sbge.org), consultado e Setembro de 2013;

http://pt.wikipedia.org/wiki/bacias_sedimentar, consultado em Setembro de 2013;

[htt://www.energia](http://www.energia), consultado em Maio de 2014;

[http//pt. Wikipedi.org/wiki/](http://pt.Wikipedi.org/wiki/): Angola Província do Namibe, consultado Maio de 2014.