



UNIVERSIDADE DE ÉVORA
ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

Mestrado em Ciências da Terra, da Atmosfera e do Espaço
Especialização em Processos Geológicos

Dissertação

CARTOGRAFIA E ESTRUTURA DO CONTACTO ENTRE A FORMAÇÃO DE AILEU E A FORMAÇÃO DE WAILULI. IMPLICAÇÕES GEODINÂMICAS E PARA OS RECURSOS MINERAIS.

Autor

Nene Soares Valente Cristovão

Orientador:

Pedro Miguel Madureira Pimenta Nogueira

Co-Orientador:

Joaquim Luís Galego Lopes

2011

Mestrado em Ciências da Terra, da Atmosfera e do Espaço
Especialização em Processos Geológicos

Dissertação

CARTOGRAFIA E ESTRUTURA DO CONTACTO ENTRE A FORMAÇÃO DE AILEU E A FORMAÇÃO DE WAILULI. IMPLICAÇÕES GEODINÂMICAS E PARA OS RECURSOS MINERAIS.

Autor

Nene Soares Valente Cristovão

Orientador:

Pedro Miguel Madureira Pimenta Nogueira

Co-Orientador:

Joaquim Luís Galego Lopes

Dedicado a toda a minha família,

Em especial a meu Pai...



AGRADECIMENTOS

Quero exprimir o meu profundo agradecimento a todas as pessoas que, directa ou indirectamente, contribuíram para a realização deste trabalho:

- Ao meu orientador e co – orientador, Professor Doutor Pedro Nogueira e Professor Doutor Luís Lopes, cuja amizade, ensinamentos e constante encorajamento foram fundamentais para a elaboração desta dissertação e assim o serão certamente para o resto da minha vida profissional.
- Ao Prof. Doutor Rui Dias e Prof. Doutor Alexandre Araújo (Universidade De Évora), pela disponibilidade para me ajudar a todo o momento.
- A todos os Professores do Departamento de Geociências, pelos ensinamentos e amizade.
- À Secretária de Estado dos Recursos Naturais de Timor-Leste (SERN).
- As pessoas que me ensino me para fazer lamina delgada é mana Sandra e maun Jorge.
- A todos os meus amigos em geral e colegas geólogos, em particular (sem mencionar nomes, porque corro sérios riscos de me esquecer de alguém...), pela amizade, companheirismo e incentivos vários.
- A todos os meus colegas e grupo bolsa geólogos Timor Leste que nos tudo muito bom amizade.
- A todos Família do senhor de casa em Manatuto de senhor Jukin que ajuda muito a nossa alimentação durante trabalho de campo.
- Ao nosso motorista Valério que ajuda e nos em trabalho de campo.

Cartografia e estrutura do contacto entre a Formação de Aileu e a Formação de Wailuli. Implicações geodinâmicas e para os recursos minerais.

RESUMO

O presente trabalho consiste na aplicação e conclusão de metodologias para a caracterização estrutura de uma área na Lallo Norte marcada pela intersecção de zonas de falhas. Esta área situa-se no centro norte do distrito de Manatuto. Os trabalhos se concentraram no intervalo aflorante das rochas da Formação Wailuli, Formação de Aitutu, Aluviões Recentes, Formação de Aileu e a formação de. O trabalho em questão foi baseado no conceito de cartografia, Para tanto foi utilizando-se métodos indirectos como a análise e interpretação de imagens de satélite, modelo digital de elevação e fotografias aéreas e finalizando com métodos directos de levantamentos de detalhe em escala de afloramento. Os resultados obtidos permitiram verificar que a região estudada apresenta-se principalmente condicionada por estruturas com sentido NW e SE, e subordinadamente estruturas NW e SE. Caracterização do arcabouço estrutural e também estratigráfico, foram seleccionadas áreas ribeira e áreas montanha.

**Mapping and structure of the contact between the Aileu and Wailuli formations.
Geodynamical and mineral resources implications**

ABSTRACT

This work consists of the application and completion of methodologies for characterizing the structure of an area in North Laclo marked by the intersection of fault zones. This area is located in north central district of Manatuto. The work focused on the outcropping of rocks intervals wailuli formation, formation Aitutu, recent alluvial deposits, formation and formation of Aileu. The work in question was based on concept mapping. For that was using indirect methods such as analysis and interpretation of satellite imagery, digital elevation model and aerial photographs, and ending with the direct methods of surveys of detail in outcrop. The results allowed us to verify that the region studied has mainly conditioned by structures and from NW to SE, and subordinate structures NW and SE. characterization of the structural framework and also stratigraphic areas were selected river and the areas mountain.

Índice

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	i
ABSTRACT	ii
Índice de Figuras	ii
Índice de Tabelas	iii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivos.....	1
1.2. Enquadramento do trabalho	2
2. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO	3
2.1. Localização Geográfica da Área Estudada	3
2.2. Fisiografia.....	3
2.2.1. Clima e Vegetação	3
2.2.2. Geomorfologia	4
2.2.3. Rede Hidrográfica.....	5
2.3. Enquadramento Geológico	5
2.4. Geologia e Tectónica Regional de Timor-Leste.....	8
2.5. Modelos Apresentados Para Explicar A Tectónica De Timor	9
2.5.1. Modelo de Imbricação	9
2.5.2. Modelo de Carreamentos	10
2.5.3. Modelo do Cavalgamento	10
2.6. Tectónica: levantamento e exumação de Timor	11
2.6.1. Terraços Recifais Levantados	12
2.6.2. Mecanismos de Levantamento	13
2.7. Estratigrafia De Timor Leste	13
2.8. Trabalhos Anteriores	16
3. METODOLOGIAS DE TRABALHO.....	18
3.1. Trabalho do campo.....	18
3.2. Trabalho no Gabinete.....	21
3.3. Trabalho do laboratório.....	22
4. RESULTADOS OBTIDOS	24
4.1. Litoestratigrafia da região Laçlo Norte	24
4.2. Sistema Alóctone	26
4.2.1. Formação de Aileu	26

4.2.2. Formação de Maubisse	28
4.3. Sistema Autóctone	29
4.3.1. Formação de Wailuli	29
4.3.2. Aluviões Recentes	32
4.4. Petrografia	34
4.4.1. Rochas Sedimentares	36
4.4.2. Rochas Ígneas	38
4.4.3. Rochas Metamórficas	40
4.5. Estruturas tectónicas identificadas na área de trabalho	42
4.5.1. Exemplo de estruturas de primeira fase	44
4.5.2. Exemplos de estrutura de segunda fase	45
4.5.3. Estruturas frágeis e tardias (falhas e diaclases)	45
4.5.4. Análise descritiva dos dados recolhidos no campo	46
4.5.4.1. Análise das superfícies de estratificação (S0)	46
4.5.4.3. Análise dos eixos de dobras	48
5. CONCLUSÕES	51
BIBLIOGRAFIA	52

Índice de Figuras

Figura 2.1. Mapa com a localização da área estudada (rectângulo a vermelho)	3
Figura 2.2. Mapa geológico simplificado de Timor-Leste (Audley-Charles, 1968)	7
Figura 2.3. Timor e o arco de Banda. A linha denteada representa a atual zona de subducção (Charlton 2002).	9
Figura 2.4. Representação Dos Modelos Conceptuais Para As Estruturas De Timor (Adaptado por Francisco Monteiro 2003). Modelo de Carreamentos (Audley – Charles 1968), Modelo de Imbricação (Fitch & Hamilton 1974), Modelo De Cavalgamento (Grady & Barry 1976, Chamalaun & Gardy 1978).	11
Figura 2.5. Modelo digital do terreno de Timor Leste mostrando a localização de Baucau e Lautem. A natureza horizontal de terraços recifais elevados podem observada à frente e atrás do modelo (Adaptada de SRTM, United States Geological Survey)	12
Figura 3.1. Mapa da área estudada e a localização dos pontos dos afloramentos descritos.	20
Figura 4.1. Coluna estratigráfica das unidades geológicas de Timor (Standley & Harris, 2009)	25
Figura 4.2. Coluna estratigrafia do Pérmico (Adaptado de Charlton <i>et al.</i> 2009)	26
Figura 4.3. Afloramentos da Formação de Aileu. A) Gabro deformado, A1) Gabro, B), Mármore, C). Micaxisto, D) Xisto Verde E). Anfibolito.	27
Figura 4.4. Afloramentos da Formação de Maubisse. A) Calcário Fossilífero; B) Calcários avermelhados	28
Figura 4.5 - Coluna estratigráfica da Formação de Wailuli (adaptado de Audley–Charles, 1968)	30

Figura 4.6 - Litologias da Formação de Wailuli. A). Margas com níveis de grauvaque; B). Conglomerado; C). Alternância de arenitos carbonatados com argilitos cinzentos e negros; D). Calcarenitos ; E). Arenitos finos; F). Argilitos vermelhos com gesso;	31
Figura 4.7. Aluviões recentes: A). Zona planície, B). Ribeira.	32
Figura.4.8. Mapa geológico com localização dos afloramentos estudados (ver no anexos a versão em tamanho real).	33
Figura. 4.9. Microscopia petrográfico.	34
Figura 4.10. Esquemas para a classificação das rochas sedimentares, segundo Folk (1962). A). Rochas Sedimentares Carbonatadas; B). Rochas Sedimentares Detríticas.	36
Figura 4.12. Lâminas delgada dos Calcários Maubisse.	38
Figura 4.13. Fotografias de lâmina delgada de Peridotito: A). Nicóis cruzados, B). Nicóis paralelos.	38
Figura 4.14. Fotografia de lâmina delgada anfibolito: A). Nicóis cruzadas, B). Nicóis paralelo.	39
Figura 4.15. foto microscopia lâmina delgada da rocha gabro: A). Nicóis cruzadas, B). Nicóis paralelo.	40
Figura 4.16. Fotografia de lâmina delgada do mármore: A). Nicóis cruzados B). Nicóis paralelos.	41
Figura 4.17. Fotografia de lâmina delgada dos xistos verdes: A). Nicóis cruzados, B). Nicóis paralelos.	41
Nesta área de trabalho encontram-se afloramentos com estruturas que se podem atribuir à primeira fase, nomeadamente dobras (Fig. 4.20) associadas a acidentes diacrónicos da mesma.	44
Figura 4.21. Afloramento da Formação de Wailuli onde se observa uma falha muito provavelmente originada durante a segunda fase de deformação porque é claramente discordante das dobras de primeira fase.	45
Figura 4.22. amostra estrutura Frágeis e Tardias.	46
4.5.4.2. Análise das superfícies de xistosidade (Sn)	47
Figura 4.25. Projeção das falhas observadas na da área de trabalho, no programa Georient.	50

Índice de Tabelas

Tabela 1: Estratigrafia segundo Gageonnet & Lemoine (1958).	14
Tabela 2: Comparação das unidades estratigráficas propostas por Audley-Charles (1968) e Leme (1968).	15
Tabela 4.1. dados do eixo de dobra.....	49

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito da cooperação entre a Secretária de Estado dos Recursos Naturais de Timor-Leste (SERN) e a Universidade de Évora. Tem como principal objetivo a realização da cartografia geológica do território e insere-se nos programas de desenvolvimento promovidos pelo governo Timorense, cujo objetivo principal é a melhoria da capacitação dos recursos humanos timorenses e um aumento do conhecimento geológico do território nacional. O mestrado em que se integra a presente tese, teve a duração de dois anos e foi financiado pela SERN.

O trabalho da tese centrou-se na cartografia geológica de uma área previamente escolhida pela necessidade de cartógrafa com mais detalhe. O objetivo específico foi cartografar os contactos entre as formações de Aileu e a Wailuli. Complementarmente, uma vez que trabalhos anteriores, ex. Leme, 1968 e Audley-Charles, 1968), apontavam para existência, nesta região, de materiais susceptíveis de serem explorados, tanto com rocha ornamental, como industrial (mármore e calcários), também se procurou identificar zonas com interesse económico para a exploração destes e doutros georecursos.

1.1. Objetivos

O principal objetivo deste trabalho concentrou-se em aplicar a cartografia geológica, com um enfoque principal na análise estrutural e caracterização litoestratigráfica das principais unidades existente na A região informação recolhida foi analisada através do processamento de mapas em Arcgis e de imagens de satélite. Para levar a cabo estes objetivos, definiram – se as seguintes tarefas:

- Cartografar à escala 1:25.000 a região a Norte da ribeira de Lacro.
- Efetuar um levantamento detalhado das unidades geológicas presentes na região do estudo.
- Analisar os resultados obtida à luz da cartografia de recursos minerais sobretudo no que diz respeito a implicações geodinâmicas condicionantes da exploração destas rochas.

- Analisar as mesoestruturas geológicas existentes na área de estudo com base no processamento de dados adquiridos caracterizá-las e perceber geometricamente que tipos de estruturas podem ocorrer.
- Por via do estudo de lâminas delgadas de amostras recolhidas na região, definir as estruturas microscópicas encontradas.

1.2. Enquadramento do trabalho

O plano do trabalho da tese prévia a sua realização entre Março e Outubro de 2011. No início de Março realizamos uma excursão pelo território timorense, começando em: Díli – Matebian (Baguia) - Lospalos-Iliomar-Viqueque-Manatuto (Cribas e Lacro)–Dili, incluído ainda uma subida aos montes Matebian e Ramelau.

Nesta visita ficámos a conhecer muitas das formações geológicas definidas para o território timorense. A cartografia da região a Norte da ribeira de Lacro (área deste estudo) iniciou-se ainda em Março e prolongou-se até Agosto de 2011.

Estes seis meses do trabalho do campo foram realizados em parceria com outro colega de trabalho (Henrique Pereira), e resultaram em três meses de trabalho efetivo na área de cada um. Posteriormente tivemos uma semana de trabalho de laboratório para organizar as nossas amostras e fazer lâminas delgadas para análise petrográfica e caracterização paleontológica.

2. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO

2.1. Localização Geográfica da Área Estudada

A área estudada situa-se no Distrito Manatuto, Subdistrito Manatuto Vila e Sub-Distrito Lacro e Sucos de Sau, Obrato, Uma Kaduak e Ilheu. O acesso faz-se estrada que liga o distrito Manatuto até o Subdistrito Lacro através dos Suco Sau, Ilheu e Uma Kaduak onde este suco se localiza de estrada principal. A maior parte da área estudada corresponde a montanhas sem acesso por transporte motorizado. Compreende ainda alguns planaltos constituídos por terraços fluviais, calcário e mármore impuro. A base topografia utilizada corresponde às folhas 2407/343 e 2407/344 (fig 2.1) da cartografia à escala 1:250.000 realizada pela indonésia.

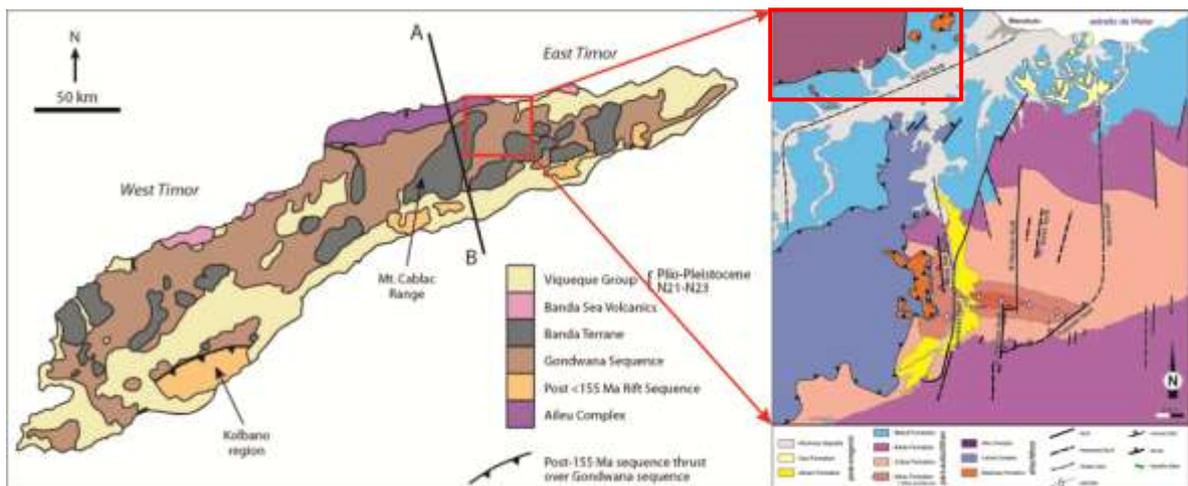


Figura. 2.1. Mapa com a localização da área estudada (rectângulo a vermelho).

2.2. Fisiografia

2.2.1. Clima e Vegetação

Localizados entre as latitudes de $8^{\circ} 5^{\circ}$ a $9^{\circ} 30^{\circ}$ S, Timor Lorosae é um dos países tropicais que têm duas estações principais distintas, a estação seca – normalmente entre mês de Maio e mês de Outubro,

e a estação da chuva – normalmente de Outubro a Abril. Durante a estação das chuvas os temporais são muito comuns, e intensa erosão do solo, são frequentes os deslizamentos de terra e outros movimentos de massa. A profundidade da meteorização muito profunda atingindo localmente dezenas de metros.

A vegetação consiste principalmente numa grande variedade de arbustos típicos de um clima Semidesértico à floresta tropical, com mangueis pântanos, estes muito frequentes nas zonas costeiras. As colinas são normalmente cobertas por gramíneas e grandes árvores como eucaliptos e casuarinas. Os plantios domésticos também ocupam vastas áreas com plantações de café que cobrem a maioria das montanhas no planalto central e ocidental e coqueirais ao longo das costas e na parte oriental do país (Monteiro 2003).

2.2.2. Geomorfologia

Timor Lorosae é, uma ilha de formação rápida e relativamente recente, onde a erosão não teve ainda tempo de exercer a ação modeladora e niveladora do relevo, pelo que, de modo geral, se apresenta extremamente acidentada e recortada por fundos vales.

Embora influenciadas por fatores climáticos muito ativos, as paisagens de Timor são determinadas sobretudo pela própria natureza geológica.

As maiores elevações encontram – se na parte oeste do Território principal, onde é possível imaginar um forte dorso central de constituição eruptiva e ou metamórficas, do qual se destacam ramificam várias linhas de montanhas na direcção do eixo da ilha ou do litoral. A grande cordilheira do Ramelau, onde a 2964 m se situa a cota mais elevada da ilha (Pico de Tata Mai Lau), marca o centro da região, (Leme 1968) e Soares (1957).

2.2.3. Rede Hidrográfica

A maioria dos cursos de água de Timor leste nasce na parte central da ilha, Ou seja, na zona mais montanhosa do território. A cordilheira central Timorense possui uma orientação sudoeste-nordeste e um relevo Extremamente acidentado, provocando a densificação da rede hidrografia Nas áreas de maior altitude do país ocorre uma rápida descida das águas, tal como sucede em outras ilhas de com pequena superfície e relevo acentuado. A linha de água possui uma dimensão pequena e um caudal fraco, escoando rapidamente e secando durante grande parte do ano devido ao elevado número de meses secos na região. Assim, na sua maioria, as linhas de água em Timor Leste, localmente designadas por motas, não são consideradas como rios, mas sim como ribeiras e riachos. Os poucos cursos de água permanentes existem sobretudo na costa sul, pois é ai que predominam o clima húmido, onde a precipitação é alta e o período das chuvas muito longo. Na costa norte, é apenas possível ter caudais significativos na altura da primavera, excepto no caso dos cursos de água que recebem Afluentes da vertente sul.

2.3. Enquadramento Geológico

A evolução tectónica do território de Timor Leste enquadra-se no âmbito da evolução do arco insular resultante da colisão entre as placas Euro-Asiática e Australiana. Apresenta peculiaridades próprias que são alvo de intensa discussão académica.

De acordo com Audley-Charles (1968), o território de Timor Leste, com cerca de 16 000 km², compreende dois grandes sistemas:

- Unidades alóctones, datadas do ante-Pérmico ao Cretácico Superior e que se terão instalado durante o Miocénico sobre um conjunto de;

- Unidades autóctones ou para autóctones que datam do Pérmico à atualidade.

Trabalhos mais recentes, de outros autores, têm vindo a pôr em causa não só as relações entre as diferentes unidades aflorantes no território, como também o seu enquadramento no contexto da evolução geodinâmica da região. Entre eles destacam-se Berry & Grady (1981), Berry & McDougall (1986) e Charlton (2002). No entanto e por não ser esse o âmbito do presente trabalho, utilizamos como base de partida os trabalhos de Audley-Charles (1968). Figura (2.2.) a nomenclatura estratigráfica foi a de Audley-Charles (1968), à semelhança dos autores mais recentes atrás referidos.

2.4. Geologia e Tectónica Regional de Timor-Leste

Timor é a maior ilha e a que fica mais a Sul do grupo de sul das ilhas que formam o arco de Banda entre a Austrália, a Nova Guiné e Celebes (figura 2.3). O arco está separado da plataforma continental Australiana a Noroeste por uma fossa de 3 km profundidade (plataforma de Timor). Esta feição topográfica segue a tendência de descontinuidades dos arcos associados às depressões das ilhas de Aru e Seram. O arco de Banda é constituído por:

- Um arco interno de ilhas vulcânicas que não estão ativas, em ambos os lados do arco, a norte de Timor e a sul de Seram, mas que está ativo no grupo de pequenas ilhas entre Damar e Banda,

- Um arco externo que inclui Timor e Seram, composto de uma variedade de rochas ígneas, metamórficas, e sedimentares com uma estrutura tectónica complexa.

A origem do arco está intimamente ligada com a origem do Mar de Banda (Banda Sea), que está contido pelo arco. Há duas hipóteses para essa origem. Hamilton (1976) sugere que o Mar de Banda se originou durante o Neogénico como uma bacia marginal, semelhante a outras existentes na margem do pacífico oeste, e esse desenvolvimento levou a que o arco-ilha para o exterior até colidir com a placa Australiana que avançava para norte.

Carter, et al (1976) por outro lado sugerem que um mar marginal se desenvolveu a partir do bloco continental asiático em Sundaland no Paleogénico e que uma pequena e fina porção do continente foi colidir com a Austrália.

Uma hipótese alternativa foi apresentada Katili (1978) e Crostella (1977), que sugeriram que o fundo do mar de Banda é formado a partir de um fundo oceânico pacífico mais antigo do Pacífico, separado pelo desenvolvimento de falhas transformantes, e em particular pelo movimento para oeste, que transportou parte do fundo oceânico para a ilha de Celebes, sendo

representado por ofiólitos (ophiolites) e sedimentos profundos do Mesozoico e que formam a parte leste da ilha.

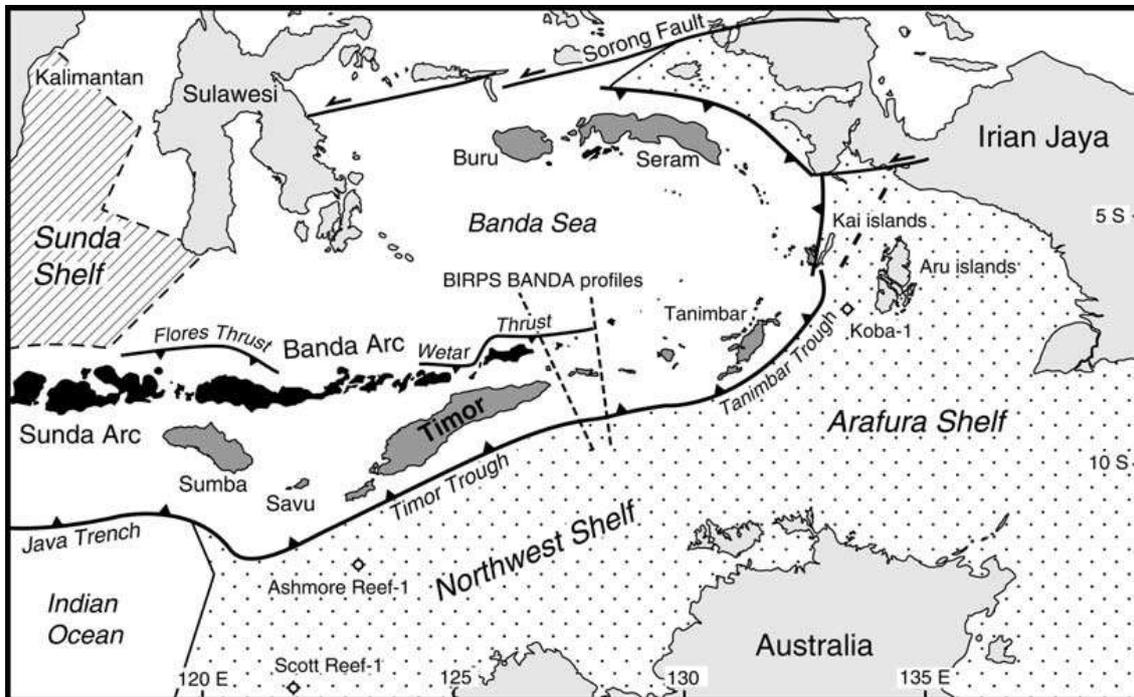


Figura. 2.3. Timor e o arco de Banda. A linha denteada representa a atual zona de subducção (Charlton 2002).

2.5. Modelos Apresentados Para Explicar A Tectónica De Timor

2.5.1. Modelo de Imbricação

Neste modelo, sugerido por Fitch & Hamilton (1974), os autores interpretam Timor como uma acumulação de materiais de imbricação no teto de uma zona de subducção, e agora estaria representado pela Fossa de Timor (Timor Trough - depressão do mar de Timor) a sul de Timor. Neste modelo Timor é formado por uma mistura caótica (chaotic melange) análoga à acumulação dos materiais oceânicos no teto das zonas de subducção de Japão e Sunda. As peculiaridades de Timor são atribuídas à inclusão de materiais do continente Australiano nesta mistura (melange). O sistema mais recente não está ativo devido à colisão entre o continente

Australiano e o arco-vulcânico, tendo sido levado para a margem pelo desenvolvimento do Mar Banda. Finalmente o reajustamento isostático causou o levantamento desta zona de mistura originando a emergência da ilha de Timor.

2.5.2. Modelo de Carreamentos

Este modelo inicialmente proposto por Wanner (1913), foi defendido pela maioria dos cientistas holandeses que primeiro trabalharam em Timor. Mais recentemente Audley-Charles e os seus colegas (Carter et al., 1976; Barber et al., 1977). Também o defenderem. Neste modelo Timor, é visto como fazendo parte da margem do continente Australiano sobre o qual se encontram um conjunto de unidades carreadas, incluindo sedimentos do fundo oceânico, rochas metamórficas e sedimentares, previamente separadas da margem da placa asiática pelo desenvolvimento do Mar de Banda. Estas unidades carreadas (overthrust) passaram a zona de subducção como resultado da colisão com a margem do continente australiano quando esta chegou à zona subducção. (fig 2.4) A zona de subducção, agora inativa, estará localizada a norte de Timor (Carter et al., 1976).

2.5.3. Modelo do Cavalgamento

Este modelo foi recentemente defendido por Chamalaun & Grady (1978), a partir dos trabalhos de Tappenbeck (1940), que foi um membro da expedição pré-guerra de Brouwer, à área de Mollo Timor Ocidental, e a uma área de Timor Leste (Audley-Charles, 1968). A complexa estrutura atual de Timor é explicada como resultado de um levantamento isostático diferencial de blocos crustais quando a margem do continente australiano chegou à zona de subducção e a esta cessou. Neste modelo os movimentos tectónicos são essencialmente verticais, não há movimento nos planos de carreamento sub-horizontais (flat-lying thrust plane) como é imposto pelo modelo de carreamento. Existe contudo uma vergência de dobras

para sul e carreamentos menores resultantes do levantamento a norte e subsidência na região da fossa de Timor (Timor Trough) a sul.

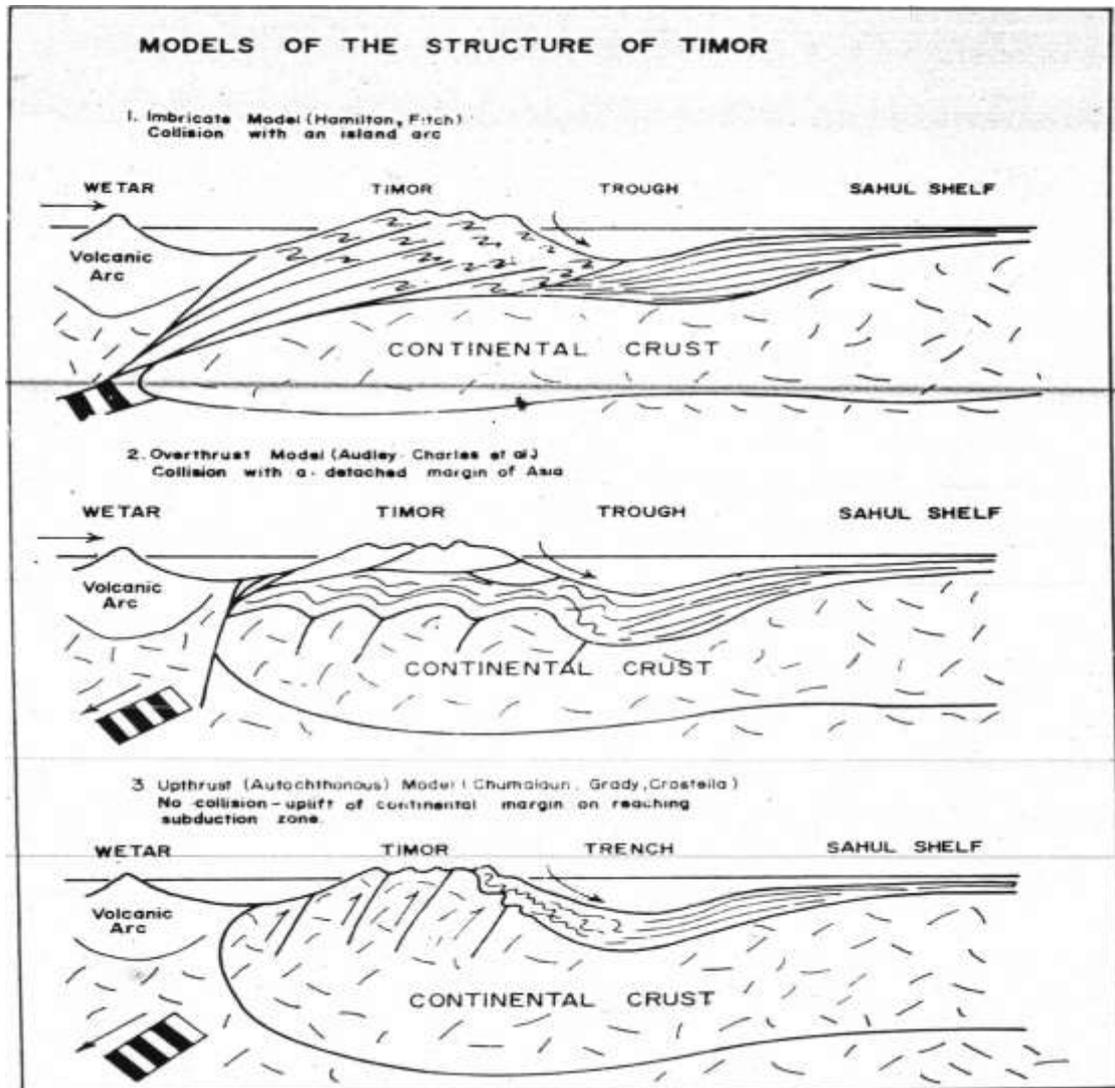


Figura. 2.4. Representação Dos Modelos Conceituais Para As Estruturas De Timor (Adaptado por Francisco Monteiro 2003). Modelo de Carreamentos (Audley – Charles 1968), Modelo de Imbricação (Fitch & Hamilton 1974), Modelo De Cavalgamento (Grady & Barry 1976, Chamalaun & Gardy 1978).

2.6. Tectónica: levantamento e exumação de Timor

O levantamento de Timor Leste desde o tempo do Neogénico por (De Smet et al., 1990; Harris et al, 2000; Veevers, 2000) denudação tectónica (Gleadow et al., 2002). Harris et al.

2000) para analisar a quantidade de aquecimento que ocorreu desde o processo de colisão inicial. Eles concluíram que havia pouco ou nenhum movimento no tempo interior do complexo em colisão durante levantamento no tempo Neogénico.

2.6.1. Terraços Recifais Levantados

Vários autores dizem que Timor-Leste é uma ilha do Arco de Banda, plataformas carbonatadas recifais levantadas (Chappell & Veeh 1978; Hamilton, 1979; Vita Finzi & Hidayat, 1991; Richardson & Blundell, 1996). Afirmam que a levantamento de elevação destes terraços recifais levantado até data média 0,5 mm por ano no últimos 120 mil anos, e ainda está activa até hoje e levantamento de elevação de terraços recifais no tempo quaternários mais lentas, do que os das rochas mais antigas do complexo de colisão, o que sugere que a elevação anterior resultou de resposta geomorfológica rápida do arco continental em colisão. De acordo com Carter et al. (1976), calcários recifais elevados em Timor são mais jovens de norte para sul.

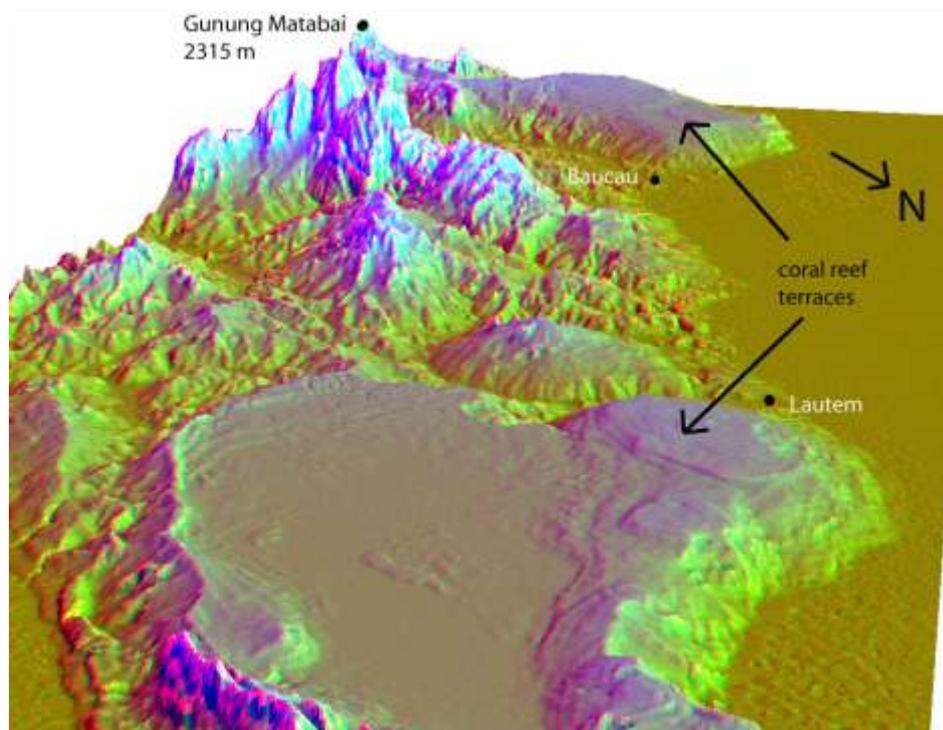


Figura 2.5. Modelo digital do terreno de Timor Leste mostrando a localização de Baucau e Lautem. A natureza horizontal de terraços recifais elevados podem observada à frente e atrás do modelo (Adaptada de SRTM, United States Geological Survey).

2.6.2. Mecanismos de Levantamento

São vários os mecanismos de levantamento que podem justificar o levantamento de Timor. A instalação de mantos de espessura variável originados na margem continental australiana. Deve ser a causa principal do equilíbrio isostático e estará fortemente relacionada com a elevação das falhas verticalizadas (Grady & Berry, 1977; Chamalaun & Grady, 1978; Norvick, 1979; Snyder et al, 1996b). Além disso, a elevação pode ser uma resposta para a formação de falhas durante o processo de colisão.

2.7. Estratigrafia De Timor Leste

A definição das unidades estratigráficas em Timor-Leste tem sido alvo de sucessivos estudos e revisões. Existem alguns trabalhos de fundo baseados em cartografia relativamente detalhada do território, sobretudo nos anos 60 do séc. XX. Exemplos desses trabalhos são os de Audley-Charles (1968) e de Azeredo Leme (1968). A partir da ocupação indonésia do território, em 1975, poucos foram os autores que tiveram a oportunidade de fazer trabalhos no terreno, caracterizando-se a bibliografia publicada sobretudo por reinterpretações do que foi feito anteriormente. Por exemplo, o trabalho de Villeneuve et al. (2005), em que o autor apresenta as sete propostas anteriores de divisão estratigráfica (Gageonnet & Lemoine, 1958; Audley-Charles, 1968; Barber et al., 1977; Rosidi et al., 1978; Harsolumakso, 1993; Sawyer et al. 1993; Harris et al., 1998), respetivamente, apresentando ele próprio uma oitava divisão). Já depois do referido artigo de síntese, Charlton et al. (2009) apresentam nova revisão do Triásico de Timor, não se referindo sequer aos autores anteriores.

A primeira estratigrafia descrita para Timor, está publicada nos trabalhos de Gageonnet & Lemoine (1958) onde estabelecem a existência de duas sucessões separadas, uma autóctone e uma alóctone. A tabela 1 mostra as formações definidas por esses autores.

Nos trabalhos subsequentes Audley-Charles (1968) e Leme (1968), que de facto realizaram o essencial da cartografia do território, publicaram a cartografia à escala 1:250.000 onde foram definidas as principais unidades estratigráficas. A tabela 2 apresenta-as, comparando as designações e as idades definidas por cada um dos autores

Tabela 1: Estratigrafia segundo Gageonnet & Lemoine (1958).

Idade	Autóctone	Idade	Alóctone
Holocénico	Corais	-	-
Mio- Pleistocénico	Formação de Viqueque	Pliocénico	Vulcânicas
Eocénico	Formação de Bibileu	Eocénico	Formação de Same
Triásico- Cretácico Inferior	Complexo Triásico- Jurássico	Triásico- Cretácico Superior	Complexo de Fatu
Pérmico	Formação de Cribas	Pérmico	Formação de Maubisse
-	-	Incerto	Complexo de Lolotoi

Tabela 2: Comparação das unidades estratigráficas propostas por Audley-Charles (1968) e Leme (1968).

Audley-Charles (1968)			Azeredo Leme (1968)		
Cod.	Formação	Idade	Cod.	Formação	Idade
<i>Sistema autóctone</i>					
			7.1.1	<i>Formação de Lolotoi</i>	<i>Pré-pérmico</i>
1	<i>Formação de Atahoc</i> <i>Formação de Cribas</i>	<i>Pérmico</i>	7.1.2	<i>Série de Cribas</i>	<i>Pérmico</i>
2	<i>Formação Aituto</i> <i>Membro Tallibelis</i>	<i>Triásico</i>	7.1.3	<i>Série do Triásico-Jurássico</i> <i>(antiga Série de Mota Bui)</i>	<i>Triásico-Jurássico</i>
3	<i>Formação Wailuli</i> <i>(Ailuli)</i>	<i>Jurássico</i>	7.1.4	<i>Maciços calcários de Tutuala</i>	<i>Triásico superior</i>
4	<i>Formação Wai Bua</i> <i>Calcário de Borolaro</i> <i>Formação Seical</i>	<i>Cretácico</i>	7.1.5	<i>Formação de Bagueia</i>	<i>Jurássico?</i>
5	<i>Calcários de Dartolú</i>	<i>Eocénico</i>	7.1.6	<i>Cretácico</i>	<i>Cretácico</i>
6	<i>Formação de Barique</i>	<i>Oligocénico</i>	7.1.7	<i>Formação de Dartolú (antiga Série de Same)</i>	<i>Eocénico</i>
7	<i>Calcários de Cablac</i> <i>Calcários de Aliambata</i>	<i>Miocénico Inferior</i>	7.1.8	<i>Rochas eruptivas de Barique</i>	<i>Oligocénico?</i>
8	<i>Formação de Viqueque</i> <i>Calcários de Lari guti</i>	<i>Miocénico superior</i>	7.1.9	<i>Calcários de fato</i>	<i>Miocénico inferior</i>
9	<i>Conglomerado de Dilor</i> <i>Seketo Block Clay</i>	<i>Pliocénico</i>	7.1.10	<i>Complexo argiloso</i>	<i>Miocénico superior</i>
10	<i>Calcários de Baucau</i> <i>Calcário de Poros</i> <i>Formação de Suai</i> <i>Gravels de Ainaro</i>	<i>Pós-pliocénico</i>	7.1.11	<i>Série de Viqueque</i>	<i>Plio-Plistocénico</i>
			7.1.12	<i>Rochas eruptivas pós-pliocénicas</i>	
			7.1.13	<i>Recifes de coral emersos</i>	<i>Pós-pliocénico</i>
			7.1.14	<i>Calcários lacustres de Pórus</i>	
			7.1.15	<i>Terraços fluviais</i>	
			7.1.16	<i>Aluviões recentes</i>	
<i>Sistema alóctone</i>					
1	<i>Complexo de Lolotoi</i>	<i>Pré-Pérmico</i>			
2	<i>Formação de Aileu</i> <i>Formação de Maubisse</i>	<i>Pérmico</i>	7.2.1	<i>Série metamórfica de Díli</i>	<i>Pérmico inferior?</i>
3	<i>Calcário de Borolaro</i>	<i>Cretácico superior</i>	7.2.2	<i>Série de Maubisse</i>	<i>Pérmico superior</i>
4	<i>Bobonaro Scaly-clay</i>	<i>Miocénico médio</i>			

Desde a publicação dos trabalhos destes dois autores até às publicações mais recentes, o que variou foi o posicionamento das diversas Séries ou Formações na estratigrafia de Timor, sobretudo passando entre o autóctone e o alóctone ou alterações nas idades devido à descoberta de novos conteúdos fossilíferos.

Assim, o posicionamento das diferentes unidades no sistema autóctone ou alóctone tem sido, até hoje, baseado em critérios litológicos, estratigráficos e estruturais. Não existe na bibliografia publicada referências a estudos geoquímicos ou de natureza semelhante, que procurem esclarecer de forma cabal as possíveis relações entre as diferentes unidades (e.g. Charlton et al. 2009).

2.8. Trabalhos Anteriores

O estudo paleontológico foi um primeiro trabalho geológico desenvolvido sobre a ilha de Timor pelos geólogos europeus como; Beyrich (1865); K. Martin (1881); von Macklot and S. Muller (1828 e 1829); Ruthless (1892); Verbid (1899). Mais tardes realizaram-se as expedições do Welter e C.A. Daniel e lideradas por Molengraaf que levou a uma série de publicações “Palentologie von Timor”. Constituída por vários volumes sobre diferenças idade das faunas de Timor. Como foi observado pelo Audley-Charles, em a sua memória em 1968. Hirschi (1907), foi o primeiro a reconhecer uma estrutura complexa sobre a ilha além da evidência paleontológico do Pérmico, Triásico, Jurássico e Terciário e também.

A partir de 1930 a 1970, desenvolveram-se essencialmente estudos sobre os hidrocarbonetos liderados pelas companhias do petróleo. Wittouck (1936) para a Allied Mining Corporation (Charlton 2002); Escher e Grunau (1947-1948) para Companhia Ultramarina de Petróleo / Shell; Gageonnet e Lemoine (1958) para l'Institut Francais du Petrole, depois de 1956, a prospecção de do petróleo foram realizadas pelo Timor Oil. No fim de 1960, Audley-Charles publicou uma memória, que resume e compila toda a informação disponível num

trabalho geológico integrado com mapa à escala 1:250.000. Este mapa é a principal base para cartografia geológica em Timor Leste até agora.

O período de investigação académico começou nos anos 1970 a 2000 com vários autores australianos. Trabalho sobre estrutura e tectónica foram publicado por, Alex Grady, R. F. Berry, F. H. Chamalaun e M. J. Abbot, no início de 1970 e 1980. Onde a série metamórfica de Aileu e Lolotoi e a Formação de Maubisse são os principais alvos de estudo. Foi neste período A. J. Baber e outros incluíram Audley-Charles e D. J. Carter em alguns artigos sobre interpretação da estrutura de Timor. Por causa de influência da situação política instável pouco trabalho do campo foi por eles realizado. Muitos trabalhos feitos na área adjacente incluíram Timor Ocidental (Giani 1971, Charlton 1987, Bird e Cook 1991). Nos seus dados e interpretações. Dados significativos foram obtidos pelos no mar de Timor (Cardwell et al. 1978, Johnston et al. 1981, McCaffrey 1988, McCaffrey 1989, Snyder et al. 1996, Hughes et al. 1996). No período de 1990-2010 alguns artigos de Audley-Charles, Ron Harris, Tim Charlton, publicaram a nova interpretação de evolução tectónica e estrutura da ilha. Também foi publicada a revisão do mapa geológico para o Geological Research and Development Center, Bandung, Indonésia. Folha de Díli pelo Bachri & Situmorang (1994) e folha de Baucau pelo Prasetyo et al. (1995) e a seguir do período de 2000 até 2009, Gil Hamsoms (2003), Keep e Haig (2009) reinterpretem a evolução tectónica da ilha.

3. METODOLOGIAS DE TRABALHO

3.1. Trabalho do campo

Para efetuarmos a cartografia geológica da nossa área de estudo, foram efetuados cortes geológicos percorrendo as ribeiras existentes, nomeadamente as ribeiras de Lacro, Ue Mulus e Ue Waden. A partir da base geológica à escala 1:250.000 de Audley-Charles (1968) procurámos e localizámos os limites geológicos ou, quando tal não foi possível, os afloramentos correspondentes às Formações de Wailuli e Aileu. Em cada local de observação caracterizámos e descrevemos as litologias encontradas de forma a precisar com o maior rigor possível a separação entre as formações atrás referidas. As ribeiras são muito encaixadas nos montes de Lilu, Wedermata e Bahelia onde procurámos e localizámos com maior rigor os afloramentos de mármore e calcários referenciados no mapa geológico de Audley-Charles (1968).

Para realizar o trabalho de campo utilizámos ainda os seguintes materiais e equipamentos:

- Mapas topográficos à escala 1:250.000 realizados pela Indonésia, para a conhecer e localizar a área de trabalho e pesquisa;
- Mapa geológico de Audley-Charles (1968) à escala 1:250.000, para nos ajudar a separar os limites geológicos e a localizar os afloramentos;
- Fotografia aérea da área do trabalho;
- Imagens retiradas do Google Earth;
- Livro de campo para registo de observações como a litologia, estruturas e e os dados do campo;

- Bússola de geólogo, utilizada para medir as atitudes de estruturas planares e lineares nas rochas, tais como: estratificação, xistosidade, planos de falha, eixos de dobras, planos axiais, etc., por exemplo;
- Martelo de geólogo, usado para auxiliar a identificação das rochas em superfície de corte fresca e para recolha de amostras;
- Sacos de plástico para recolha de amostras;
- Acido clorídrico (HCl) diluído a 10%, usando para identificar a presença de calcite nas rochas, através da efervescência a frio;
- Lápis de cores, para dividir as unidades litológicas e marcar os respectivos contactos, no mapa de campo;
- GPS, instrumento imprescindível para registo contínuo dos percursos realizados (“tracks”, ou pistas) e dos pontos (waypoints), locais de registo de dados e/ou recolha de informações e amostras. Também serviu para delimitar a minha área de trabalho e marcar o contacto entre as formações nela existente;
- Máquina fotográfica para registo de imagens dos afloramentos estudados.

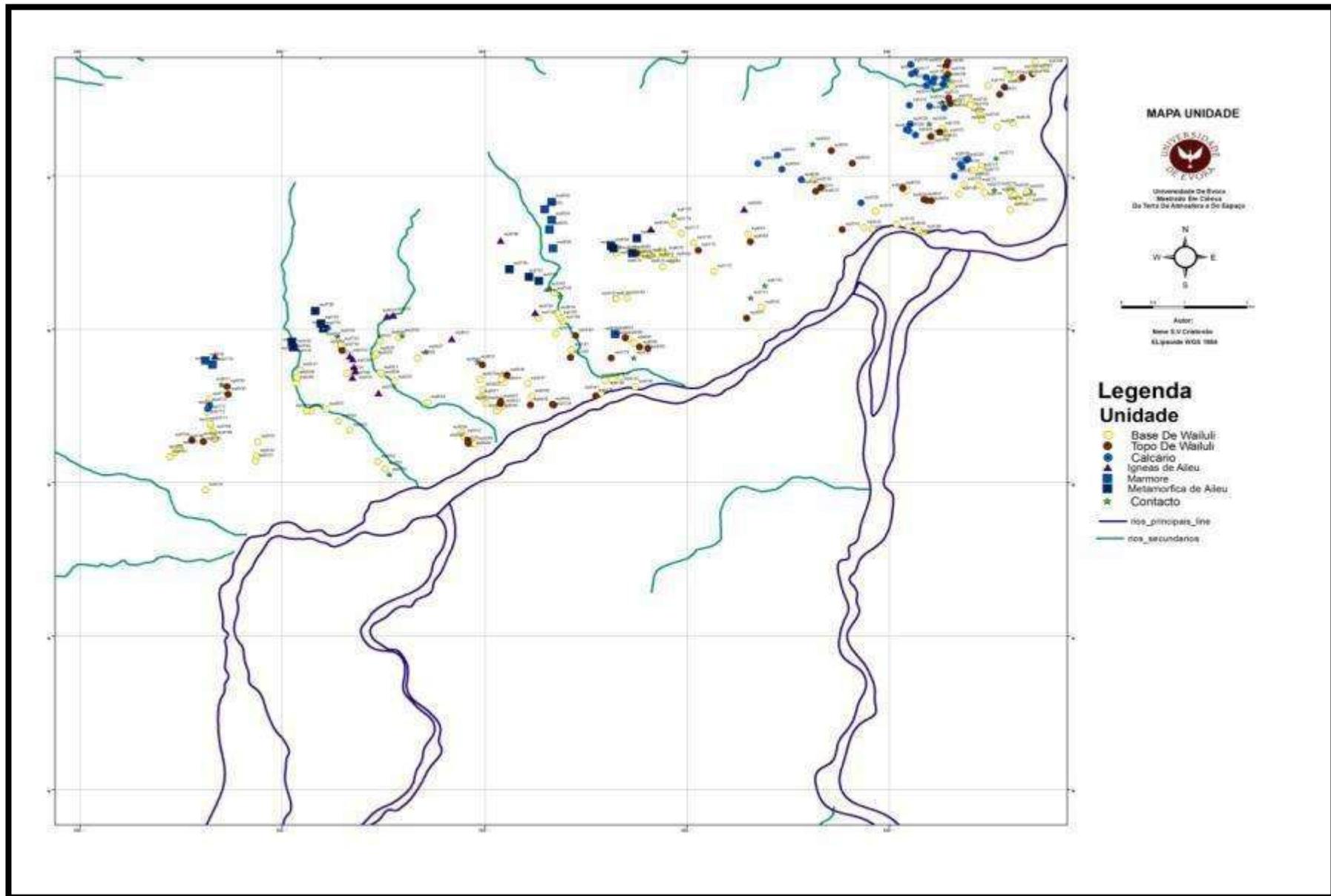


Figura 3.1. Mapa da área estudada e a localização dos pontos dos afloramentos descritos.

3.2. Trabalho no Gabinete

Atualmente o computador não é só um instrumento luxuoso ou apenas mais uma ferramenta para ajudar a resolver problemas, mas é a ferramenta principal para processamento e visualização de informação geológica. O armazenamento, processamento e a análise da informação recolhida no campo, é feita no computador recorrendo ao ArcGIS (ArcMap), embora também se utilizem outros programas auxiliares.

Os SIG (Sistemas de Informação Geográfica) são sistemas constituídos por hardware, software e um conjunto de procedimentos encadeados.

São construídos para suportar a captura, gestão, manipulação, análise, modelação e visualização de informação referenciada no espaço, com objectivo de resolver problemas complexos de planeamento e gestão que envolvem a realização de operações espaciais (Nogueira, 2008). Essencialmente, os SIG são sistemas para processamento e visualização de mapas.

O objetivo da utilização do ArcGIS (ArcMap), foi para criar mapas geológicos e estruturais, utilizando a fotografia aérea e os mapas topográficos disponíveis. Posteriormente, com já com os referidos mapas realizados, analisar a estrutura na área de trabalho.

Para utilizar o ArcGis primeiro temos que criar um *layer* e dentro deste *layer* são inseridos todos os dados usados para fazer o mapa. Os dados que constam deste *layer* são os seguintes:

- Mapa geológico geral de Timor Leste à escala 1:250.000 (Audley-Charles, 1968).
- Mapa topográfico de Timor Leste, para a área do trabalho.
- Fotografia aérea da área de trabalho.

- Pontos de observação, onde se incluem as referências às unidades geológicas, estrutura, litologia e contactos geológicos.

Todos estes dados foram digitalizados, em seguida usando o ArcCatalog foram criados mais shapefiles para inserir as estruturas identificadas na área de trabalho, tais como falhas, eixos de dobra, as unidades geológicas etc.

3.3. Trabalho do laboratório

Os trabalhos laboratoriais decorreram no Laboratório nacional de Geologia da Secretaria de Estado dos Recursos Naturais, em Hera.

Realizaram-se lâminas delgadas, procedendo-se do seguinte modo:

- Preparação das amostras de campo, usando uma serra de corte de precisão. Deste modo obtivemos taliscas de cada amostra que se desgastaram com pós abrasivos (240 mesh, 400 mesh e 600 mesh);
- Calibração dos vidros (lâminas) até 0,94 micron, lavagem e secagem do vidro e preparação do mesmo para lhe ser colada a talisca. Após a aplicação da cola cada talisca é colocada num dispositivo de colagem com molas que pressionam a amostra contra o vidro, durante 30 minutos;
- Corte de precisão da talisca que fica muito fina (com cerca de 2 a 3mm);
- Com o auxílio da máquina de desgaste e polimento automático Logitech, usando para desgaste o pó abrasivo 600 até as lâminas ficarem muito finas;
- Desgaste manual das taliscas com os pós abrasivos 800 mesh e 1000 mesh até que a lâmina ficasse pronta para observação ao microscópio.

A experiência adquirida em Portugal nos laboratórios do Departamento de Geociências da Universidade de Évora, sob orientação dos técnicos Sandra Velez e Jorge Velez, foram

muito úteis para conseguir fazer lâminas delgadas no laboratório de Nacional de Geologia da Secretaria de Estado dos Recursos Naturais de Timor Leste em Hera. Em Portugal todo o procedimento era manual ao passo que em Hera dispomos de um conjunto de equipamentos, onde se destaca uma máquina automática de marca Logitech, que nos facilitam muito a tarefa de realizar as lâminas delgadas. Apesar disso é necessário alguma experiência e o Professor Pedro Nogueira orientou-nos nos procedimentos que deveríamos fazer para conseguirmos fazer as lâminas. Um problema que se repete muitas vezes é que ao fazermos o desgaste manual, após o desgaste na máquina Logitech, as lâminas às vezes partem-se e outras, mesmos com a utilização dos pós abrasivos 800 ou 1000, desgastam-se de mais e a rocha acaba por desaparecer completamente e ficamos só com o vidro. Ainda assim conseguimos fazer 34 lâminas delgadas que nos permitiram realizar a análise petrográfica e mineralógica, observação de microestruturas e ainda verificar a presença de microfósseis nas rochas.

4. RESULTADOS OBTIDOS

4.1. Litoestratigrafia da região Laclo Norte

Como já referimos atrás (ver capítulo. II), há duas unidades litostratigráficas principais: autóctones e alóctones. Trabalhos mais recentes dividem as rochas da região em megasequências (Figura 4.1.)

Na região Laclo Norte, na área de estudo neste trabalho, segundo o mapa geral de Timor leste por Audley-Charles (1968), as três formações principais são a Formação de Wailuli, a Formação de Aileu e a Formação de Maubisse. Este autor também dividiu nesta área duas unidades principais: um Sistema Autóctone, que inclui a Formação de Wailuli e um Sistema Alóctone, onde estão incluídas as formações de Aileu e de Maubisse. Na cartografia geológica agora realizada foi possível identificar mesmo formações que as identificadas por Audley-Charles. Concretamente, encontrámos as três seguintes formações (Fig. 4.2): Wailuli, Aileu e Maubisse, para além dos aluviões que cobrem boa parte das zonas mais planas das ribeiras.

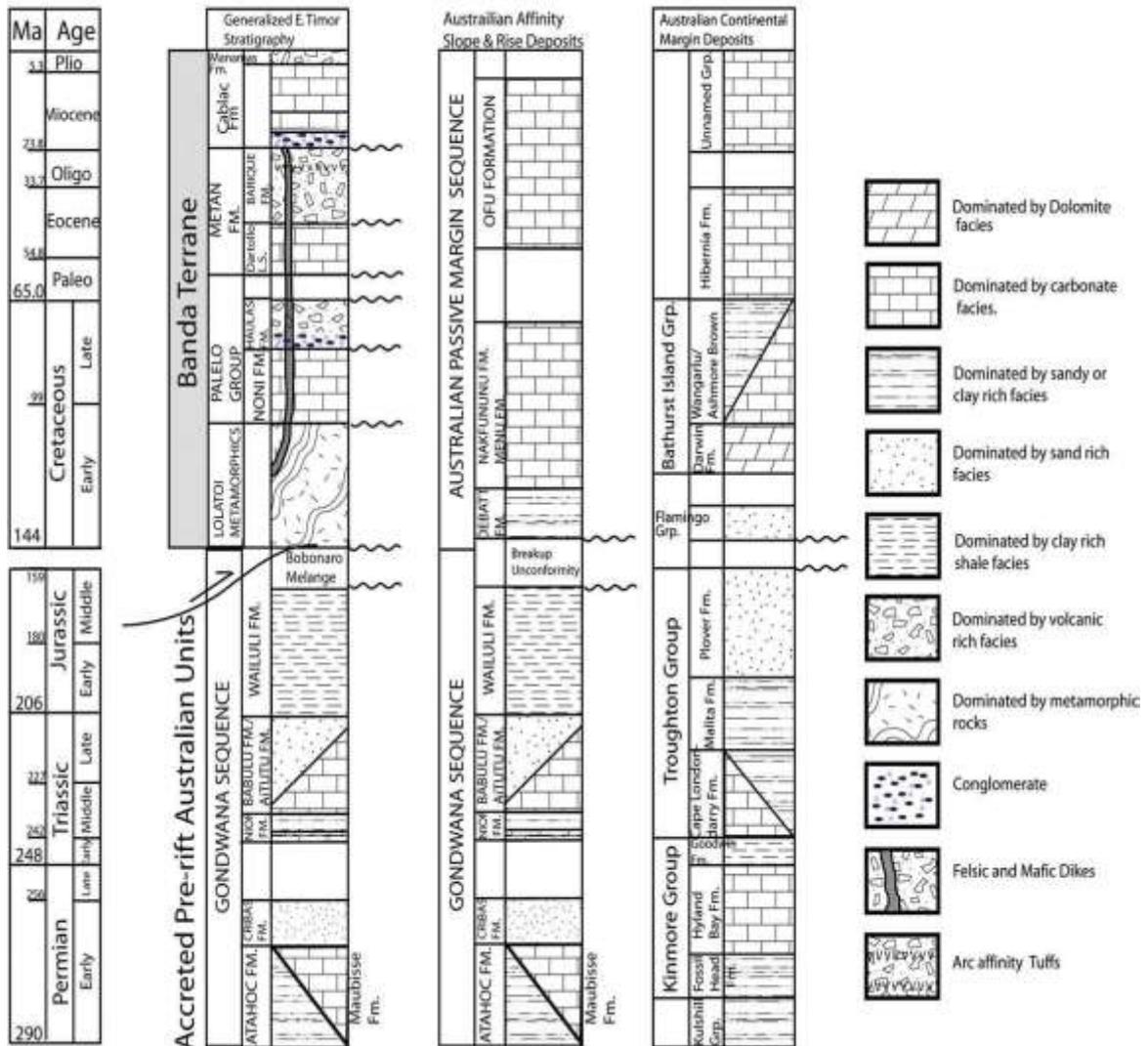


Figura 4.1. Coluna estratigráfica das unidades geológicas de Timor (Standley & Harris, 2009).

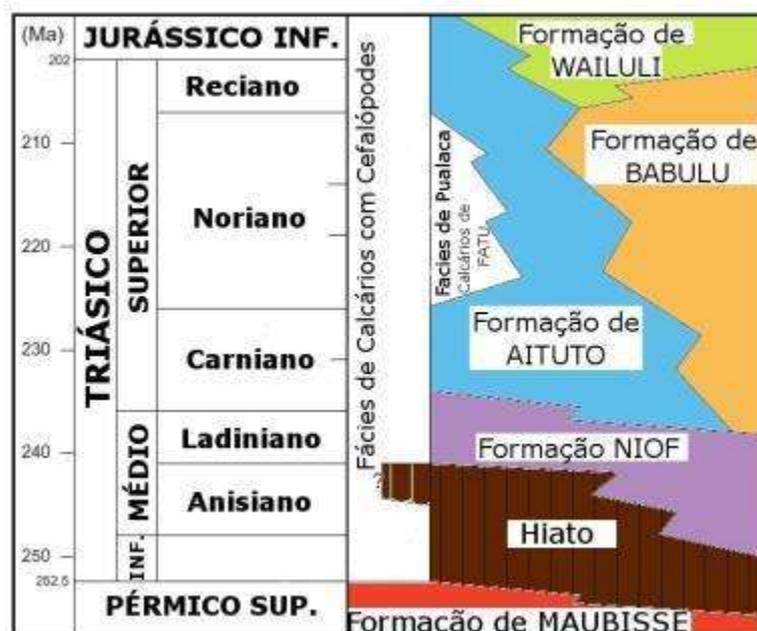


Figura 4.2. Coluna estratigrafia do Pérmico (Adaptado de Charlton *et al.* 2009).

4.2. Sistema Alóctone

4.2.1. Formação de Aileu

Os afloramentos pertencentes à Formação de Aileu encontram-se predominantemente nas zonas de montanha e ao longo das ribeiras que delas descem (Fig. 4.3).

A Formação de Aileu foi introduzida por (Audley-Charles 1968) como alóctone para acomodar as rochas do Pérmico em Timor-Leste. O nome desta deve-se à cidade de Aileu (administrativamente, em Timor Leste corresponde a um distrito). Os trabalhos anteriores de Van Bammelen (1949) consideraram estas rochas como Complexo de Lolotoi e equivalentes aos xistos da costa norte. Granau (1953, 1956) e Gageonet & Lamoine (1958), a seguir aos trabalhos de Van Bammelen, foram os primeiros a distinguí-las das rochas desta formação. Eles referem-nas como a parte inferior de série da Formação de Maubisse.

Nos trabalhos de campo identificámos várias litologias pertencentes a esta formação: Gabros com níveis de microgabro e gabros francamente deformados; xistos verdes e

micaxistos; mármore interestratificados nos gabros em níveis com espessura de camada entre 10 m até 700 m e anfibolitos (Fig. 4.3).



Figura 4.3. Afloramentos da Formação de Aileu. A). Gabro deformado, A1) Gabro, B), Mármore, C). Micaxisto, D) Xisto Verde E). Anfibolito.

4.2.2. Formação de Maubisse

Durante a cartografia geológica na região Laclo Norte identificámos calcários, geralmente cor-de-rosa e vermelhos, algumas variedades brancas e cinzentas e frequentemente fossilíferos atribuídos à Formação de Maubisse. Ocorrem em zonas de relevo junto à estrada paralela à Ribeira de Laclo e também na montanha de Lilu, contudo não encontrámos afloramentos desta Formação ao longo das ribeiras. Esta formação foi considerada como tendo sido originada em unidades asiáticas e tendo sido carregada por cima das sequências para-autóctones (Azeredo Leme, 1968; Audley-Charles, 1968). Posteriormente, Grady e Berry, (1977) consideram a Formação de Maubisse originária da placa continental de australiana. Charlton *et al* (2002), por sua vez, afirmam que Formação de Maubisse corresponde a blocos levantados enquanto as formações Atahoc, Cribas e Aileu terão resultado da Formação de Maubisse.

Segundo Azeredo Leme (1968) e Audley-Charles (1968) a Formação de Maubisse pertencerá ao Pérmico.

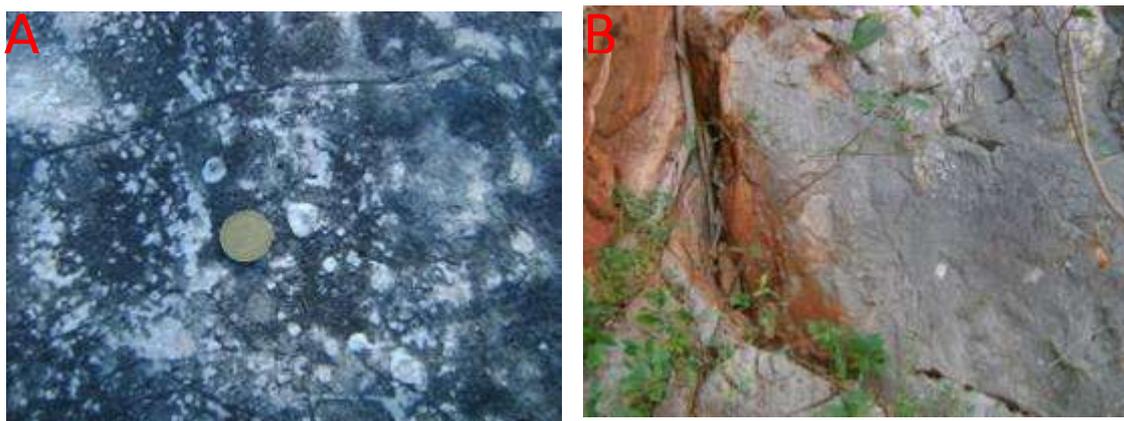


Figura 4.4. Afloramentos da Formação de Maubisse. A) Calcário Fossilífero; B) Calcários avermelhados.

4.3. Sistema Autóctone

4.3.1. Formação de Wailuli

Na área cartografada a Formação de Wailuli aflora ao longo da estrada principal do suco Obrato até ao Sub-distrito Lacro nos relevos adjacentes e na ribeira principal. Esta formação foi precisamente definida por (Audley-Charles, 1968) nas rochas aflorantes na ribeira de Wailuli, onde predominam litofácies essencialmente constituídas por argilitos e arenitos. A sua espessura foi estimada em cerca de 800m, pelo mesmo autor, que também lhe atribuí idade jurássica.

Monteiro (2003) em rochas semelhantes às aqui descritas como Formação de Wailuli identifica fósseis de idade Triásico e sugere que estas rochas podem ser a Formação de Babulu, equivalente detrítico da Formação de Aituto.

De acordo com o trabalho de campo efetuado, a Formação de Wailuli será constituída pelas seguintes litologias (Figs. 4.5 e 4.6):

- argilitos negros e cinzentos com alternância de arenitos carbonatados com grão fino, em níveis de espessura entre 100 cm e 2 m; também apresenta nódulos;
- Arenitos finos com moscovite;
- Alternância de níveis de margas vermelha com grauvaque;
- Alternância de argilitos vermelhos com gesso e arenitos vermelhos;
- Níveis de calcarenito.
- Níveis de conglomerado.

Formação De Wailuli

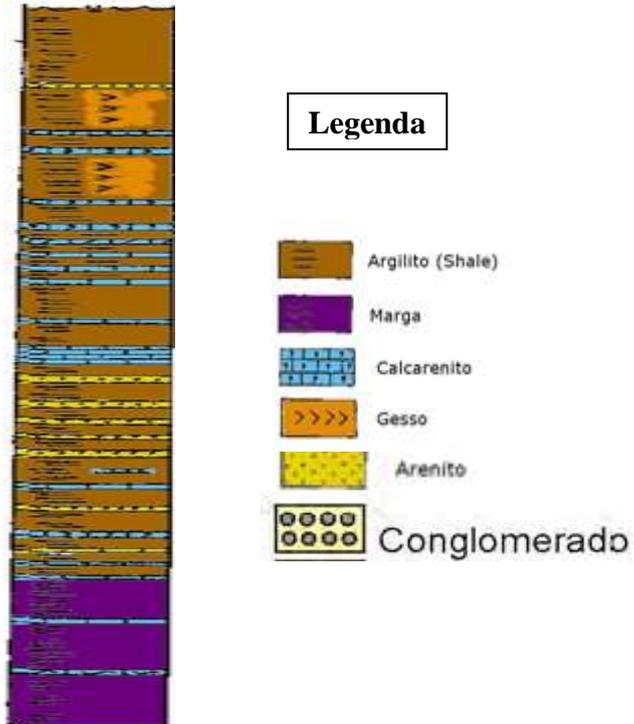


Figura 4.5 - Coluna estratigráfica da Formação de Wailuli (adaptado de Audley–Charles, 1968).





Figura 4.6 - Litologias da Formação de Wailuli. A). Margas com níveis de grauvaque; B). Conglomerado; C). Alternância de arenitos carbonatados com argilitos cinzentos e negros; D). Calcarenitos ; E). Arenitos finos; F). Argilitos vermelhos com gesso;

4.3.2. Aluviões Recentes

Azeredo Leme (1968) descreveu os Aluviões Recentes com idade do Pós-Pliocénico (Tabela 2) tal como a Formação de Ainaro (Audley-Charles, 1968). Leme (1968) considerou que os Aluviões Recentes pertencem ao sistema autóctone que ocupa a maior parte na costa sul da ilha de Timor. Esta é constituída por extensos aluviões, muitas vezes com espessuras importantes; no litoral Norte os aluviões são menos importantes, embora apareçam extensões importantes nas planícies de Fuiloro e Mehara da região de Lospalos.

As observações de campo mostram que esta formação se encontra tanto nas zonas de planície como nas ribeiras (Fig. 4.7) e (fig 4.8) amostra – se mapa de área estuda com ponto dos afloramentos.



Figura 4.7. Aluviões recentes: A). Zona planície, B). Ribeira.

4.4. Petrografia

Neste trabalho utilizámos o microscópio petrográfico para a identificação dos minerais presentes nas litologias estudadas (Fig. 4.10).

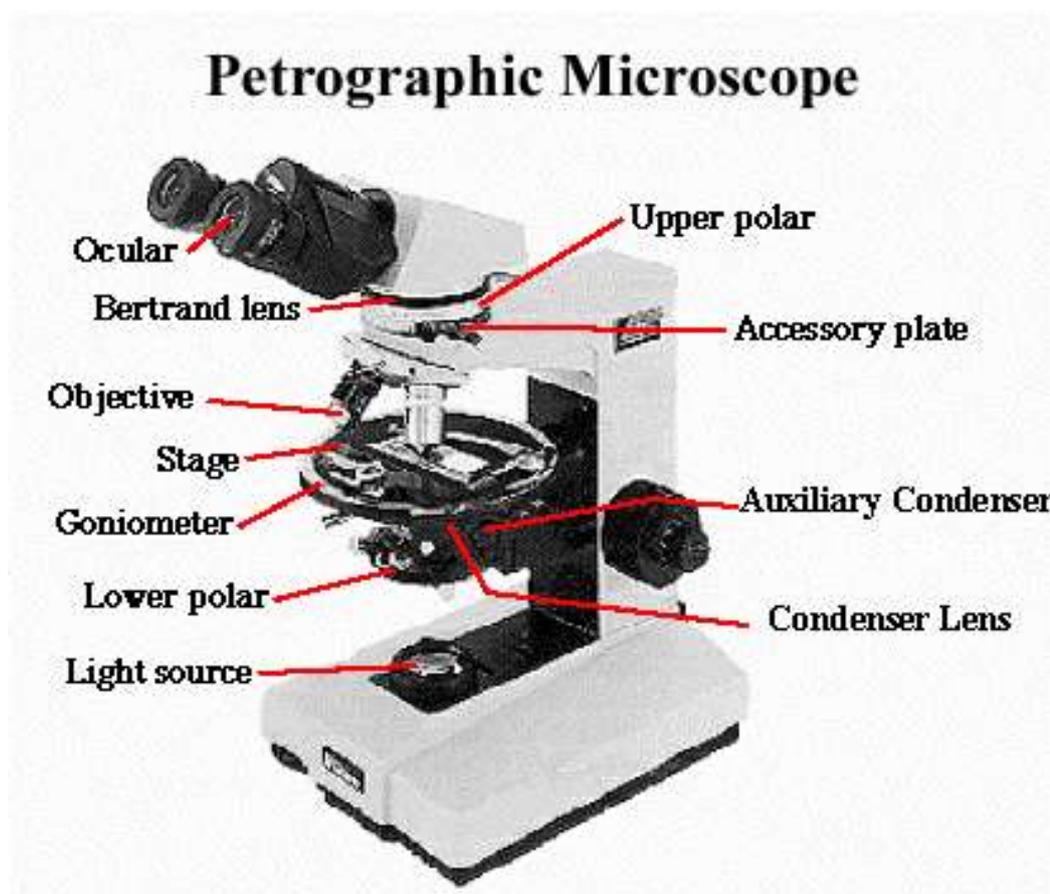


Figura. 4.9. Microscopia petrográfico.

Realizámos o estudo petrográfico das formações de Aileu, Wailuli, e Maubisse, com o objectivo de conhecer, para cada uma, as variações dos litotipos em diferentes posições estratigráficas, desde a base até ao topo. Para tal foram seleccionadas cerca de 10 amostras para a realização de lâminas delgadas, com os aspetos texturais e composicionais que melhor preservassem as características petrográficas distintivas das unidades em vários locais da área

de estudo. Para a identificação dos indicadores cinemáticos relacionados com a deformação que as rochas sofreram, também foram realizadas 10 lâminas delgadas.

As formações que na área de estudo apresentam características sedimentares são as formações de Wailuli e Maubisse, por sua vez as rochas ígneas e metamórficas na minha área de estudo correspondem à Formação de Aileu. A realização das lâminas delgadas para a caracterização petrografia genérica foi feita em três amostras, ou lâminas delgadas da Formação de Aileu em anfibolito, gabro e peridotito, como representantes das rochas ígneas; nos mármore e xistos verdes como representantes das rochas metamórficas. As rochas sedimentares analisadas, das restantes formações geológicas, foram os calcários, arenitos, argilitos negros e conglomerados.

Os critérios utilizados para a classificação das rochas presentes na área de estudo basearam-se nas análises e composicionais dos litótipos das diferentes unidades geológicas, de acordo com os seguintes quadros.

4.4.1. Rochas Sedimentares

Resultam da acumulação e compactação dos produtos gerados pela meteorização de rochas pré-existentes, produtos estes denominados de sedimentos.

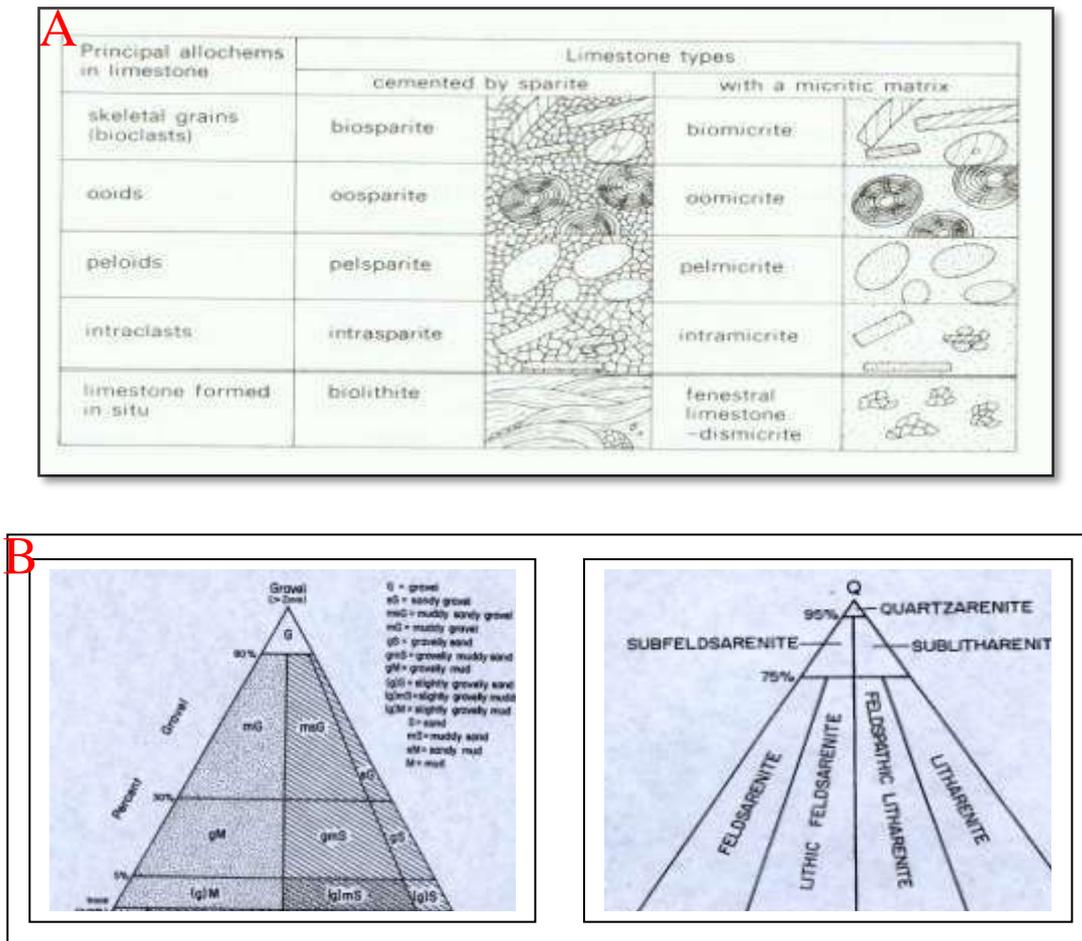


Figura 4.10. Esquemas para a classificação das rochas sedimentares, segundo Folk (1962). A). Rochas Sedimentares Carbonatadas; B). Rochas Sedimentares Detriticas.

Litótopos Caracterizados

Arenitos

- Identificação dos minerais
 - Quartzo, Micas, Calcite.
- Características Físicas

- Coloração variada, depende da natureza do cimento e do ambiente de deposição.

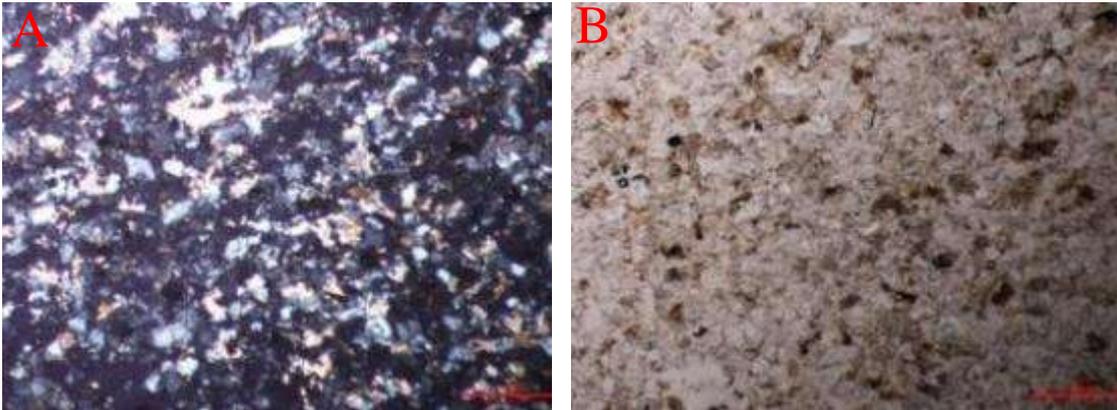
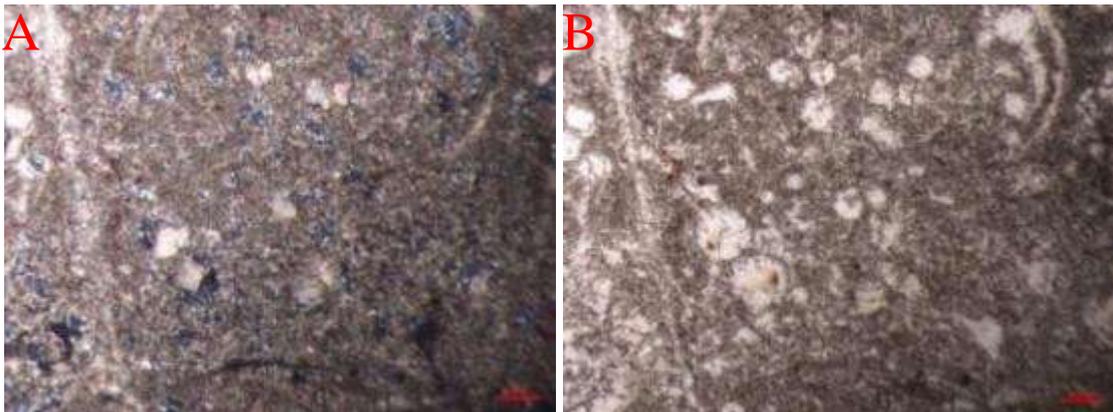


Figura.4.11. Lâminas delgada dos arenitos: A). Nicóis cruzados. B). Nicóis paralelos.

Calcário

- Identificação dos minerais
 - Predominam mineral calcita 80%, e quartzo
- Formas de grãos
 - Variedade de granulação variando de muito fina até grosseiro.
 - Maciço ou estratificação pobre ou rico em fósseis
 - Calcário biomicritico
- Característica física
 - Coloração variável: branca (calcário puro), cinzenta, creme, amarelada, avermelhada, castanha ou preta.



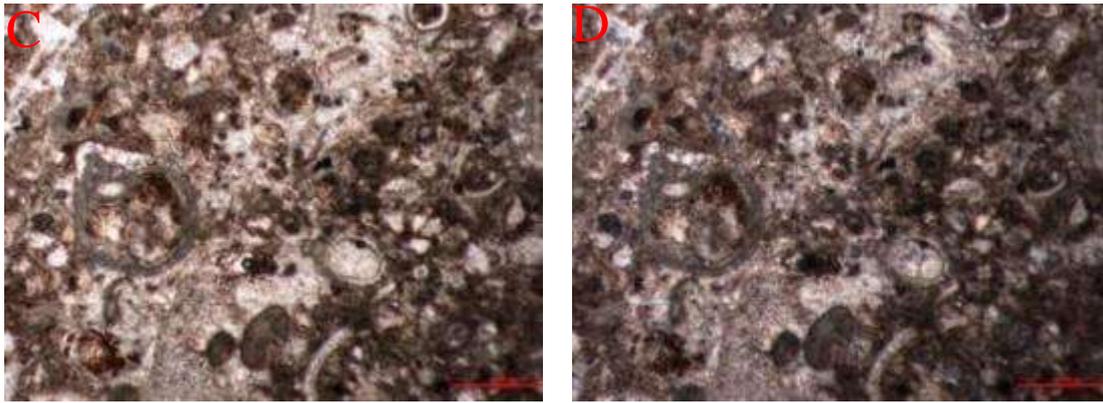


Figura 4.12. Lâminas delgada dos Calcários Maubisse.

4.4.2. Rochas Ígneas

Estas rochas resultam do arrefecimento de um líquido pastoso complexo, denominado magma, gerado pela fusão parcial de rochas no interior da Terra. Um magma que atinge a superfície da Terra é denominado de lava.

Peridotito

- Identificação dos minerais.
 - Olivina, piroxena e serpentina
- Formas de grãos.
 - Euédricos.
- Característica física.
 - Coloração castanha ou preta.
 - Piroxena tem relevo mais baixo e olivina tem relevo mais alto.

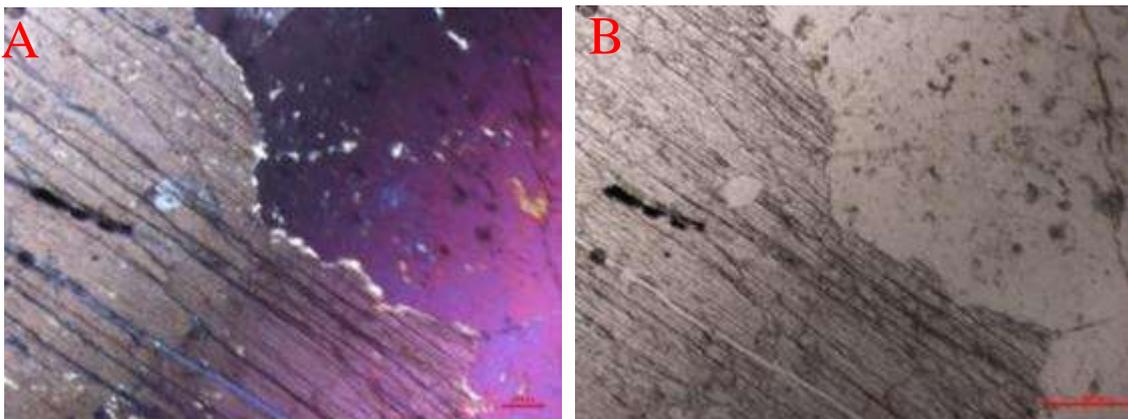


Figura 4.13. Fotografias de lâmina delgada de Peridotito: A). Nicóis cruzados, B). Nicóis paralelos.

Anfibolito

- Mineralogia
 - Anfíbola, quartzo e plagioclases.
- Formas de grãos.
 - Subédricos
- Característica física.
 - Variedades de cor verde até preta.

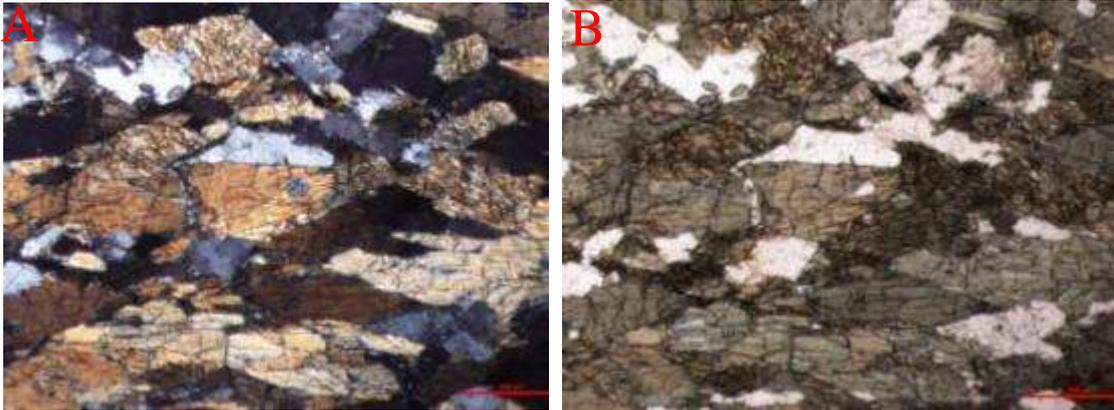


Figura 4.14. Fotografia de lâmina delgada anfibolito: A). Nicóis cruzadas, B). Nicóis paralelo.

Gabro

- Mineralogia
 - Olivina, Piroxena, Plagioclase e Quartzo.
- Formas de grãos
 - Variedade de grãos.
- Característica física
 - Coloração que varia entre cinzenta, verde, azul e preta

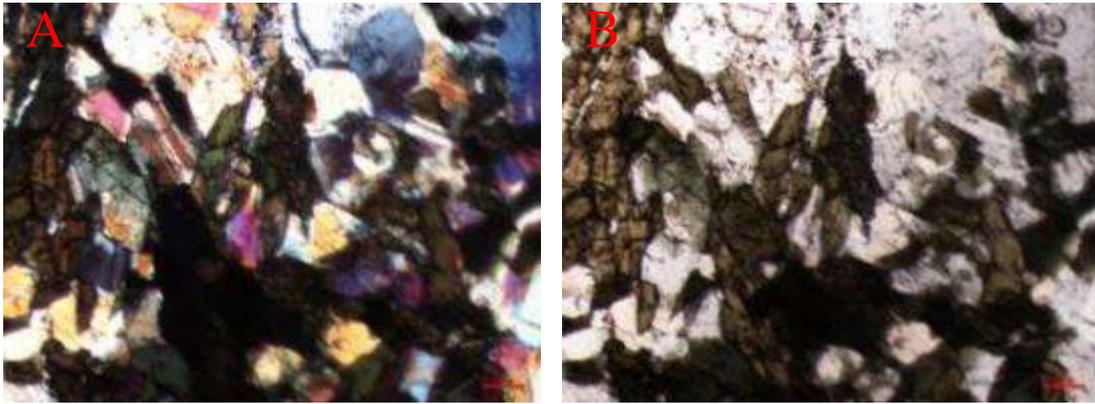


Figura 4.15. foto microscopia lâmina delgada da rocha gabro: A). Nicóis cruzadas, B). Nicóis paralelo.

4.4.3. Rochas Metamórficas

Resultam de rochas pré-existentes que sofreram posterior aquecimento e/ou deformação por esforços no interior da Terra nas faixas orogénicas ou em torno de magmas. Pelo aquecimento os minerais das rochas pré-existentes reagem entre si formando novos – os minerais metamórficos.

Mármore

- Mineralogia
 - 85 % calcite, 10 % quartzo, 5% outros.
- Formas de grãos
 - Granulação varia de fina a grossa, equigranular.
- Característica física
 - Coloração que varia entre branca, cinzenta, amarela, vermelha, rosa, verde, azul e preta.

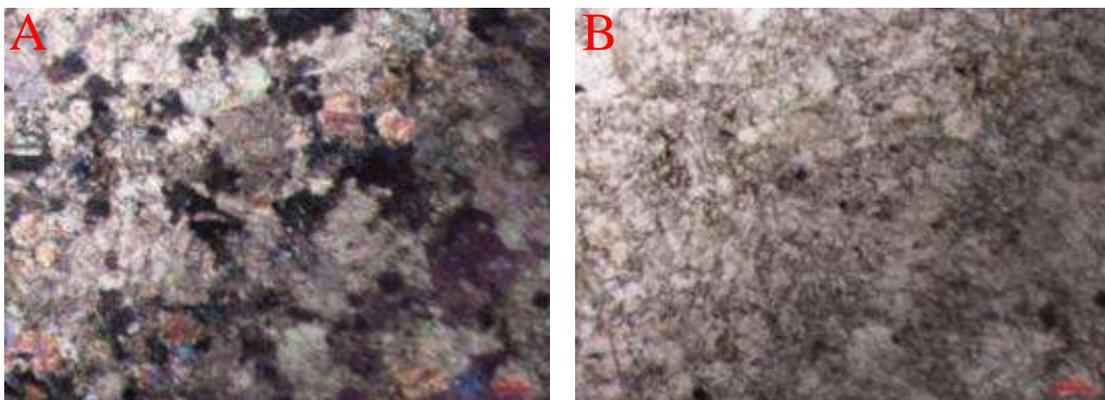


Figura 4.16. Fotografia de lâmina delgada do mármore: A). Nicóis cruzados B). Nicóis paralelos.

Xisto Verde

- Identificação do mineral
 - Clorite, quartzo e calcite
- Formas de grãos
 - subédricos
- Característica física
 - Cores claras, cinza e verde.

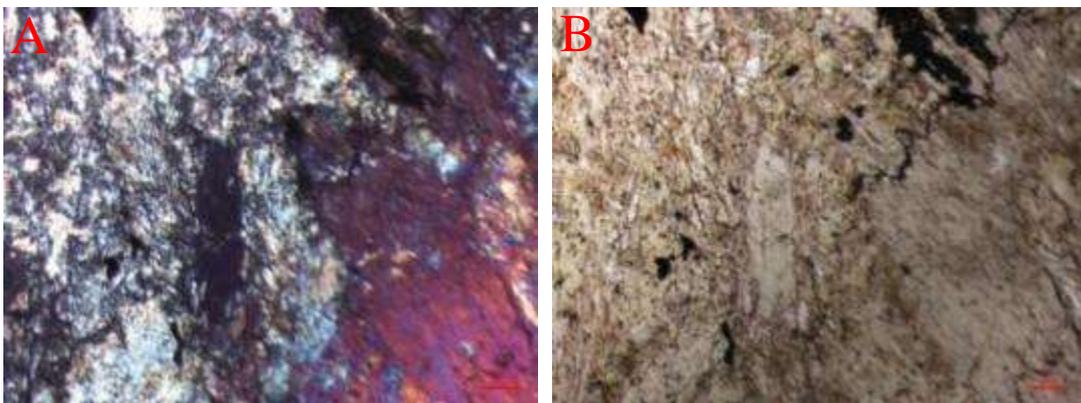


Figura 4.17. Fotografia de lâmina delgada dos xistos verdes: A). Nicóis cruzados, B). Nicóis paralelos.

4.5. Estruturas tectónicas identificadas na área de trabalho

A superposição de eventos tectónicos, aliada à complexidade marcada pelo cruzamento de estruturas, NW com SE, põe em contacto a Formação de Aileu e a Formação de Wailuli (Audley - Charles, 1968). A Formação de Aileu, que aflora a NW da área estudada, é uma unidade alóctone datada do Pérmico, A Formação de Wailuli é autóctone e foi datada por Audley - Charles (1968) como sendo do Triásico superior – Jurássico médio, apresenta-se pouco deformada e sem metamorfismo. Outra particularidade desta região é a ocorrência, na área de afloramento da Formação Wailuli, de um *klippe* onde afloram rochas da Formação de Maubisse. A descontinuidade do registo estrutural, dificultou a determinação da cronologia dos eventos deformacionais. Sendo assim, procuraram-se agrupar os elementos estruturais com características semelhantes, com a discriminação da cronologia dos eventos somente nos locais onde o registo estrutural é melhor definido. As direcções estruturais foram divididas segundo a direcção NW-SE e serão abordadas no decorrer do subcapítulo. A análise estrutural destas direcções foi realizada com base nos dados colectados em campo, aliada à interpretação e integração das imagens de satélite, fotografias aéreas e mapa topográfico.

Os Estudos (Berry & Grady, 1981 e Charlton, 2002) colocam em causa as anteriores considerações no que respeita às relações entre as três unidades principais aflorantes na região, admitindo-se uma passagem gradual entre as Formações Aileu e Maubisse e que esta última estará associada a um par autóctone onde se inclui a Formação Wailuli. A sua disposição actual estará, então, dependente da movimentação de falhas normais. No entanto e porque a confirmação no terreno de tais argumentos não foi o objecto do presente estudo, optámos por manter a interpretação original de Audley – Charles para fiz o meu mapa da área trabalho e base para estudo do campo para analisar as estruturas na minha zona do trabalho (fig4.18).

MAPA GEOLÓGICO E ESTRUTURAL ESTRATIFICAÇÃO SIMPLIFICADO

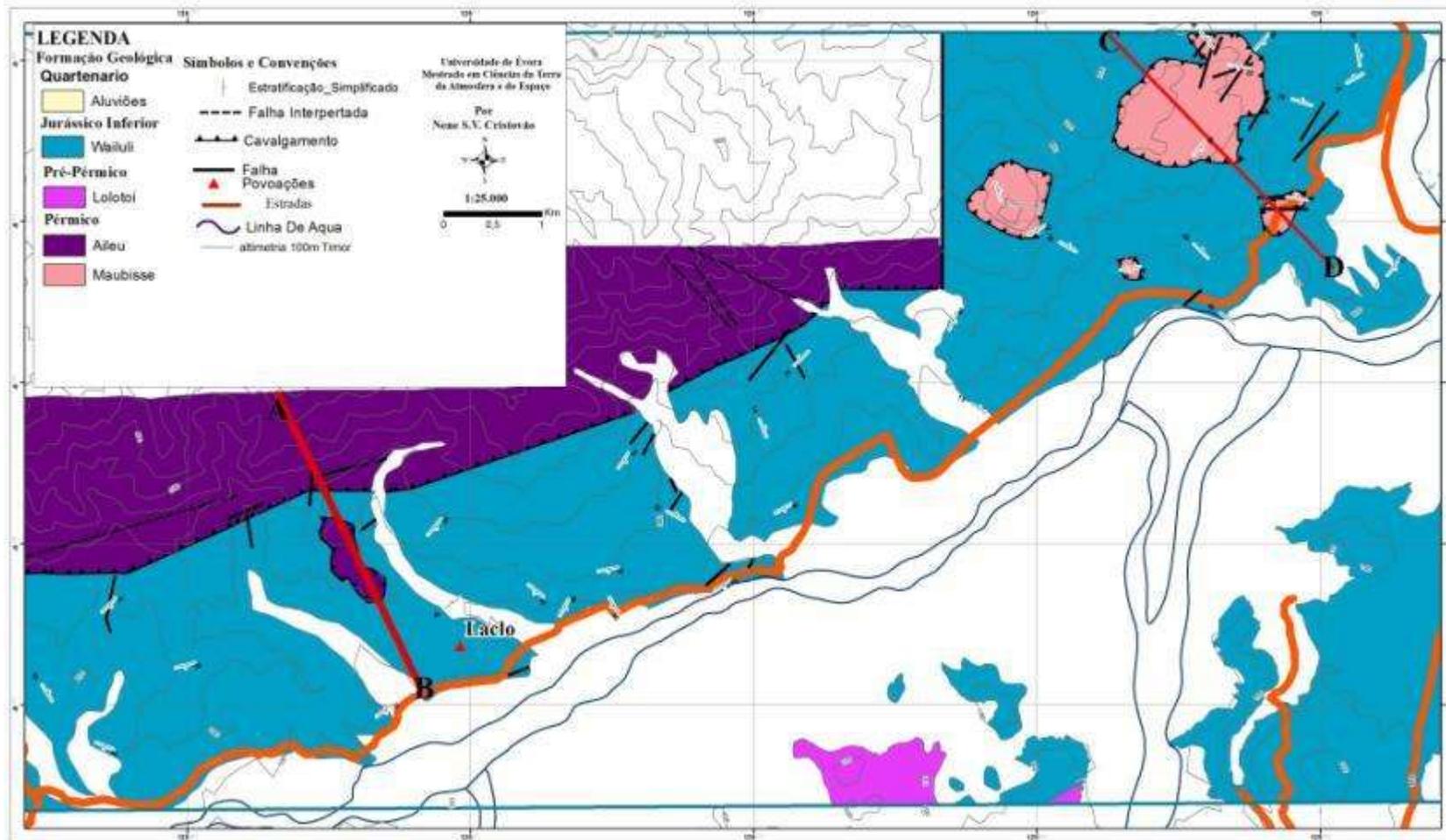


Figura 4.18. Mapa geológico estrural e estratificação simplificado (ver no anexos a versão em tamanho real).

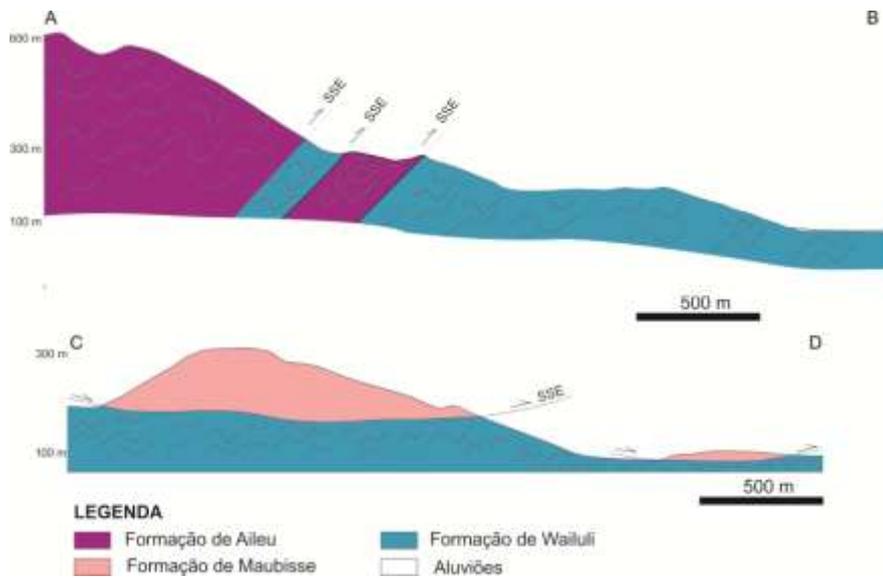


Figura 4.19. Corte geológicos esquemáticos da área estudada (ver no anexos a versão em tamanho real).

4.5.1. Exemplo de estruturas de primeira fase

Nesta área de trabalho encontram-se afloramentos com estruturas que se podem atribuir à primeira fase, nomeadamente dobras (Fig. 4.20) associadas a acidentes diacrónicos da mesma.



Figura 4.20. Afloramento da formação de Wailuli onde se observa uma provável dobra de primeira fase de deformação.

4.5.2. Exemplos de estrutura de segunda fase

Sensivelmente na mesma área onde foi identificada a estrutura anterior também se observam falhas que cortam as dobras, serão prováveis acidentes de segunda fase discordantes da primeira (Fig. 4.21).



Figura 4.21. Afloramento da Formação de Wailuli onde se observa uma falha muito provavelmente originada durante a segunda fase de deformação porque é claramente discordante das dobras de primeira fase.

4.5.3. Estruturas frágeis e tardias (falhas e diaclases)

Neste conjunto incluem-se as estruturas frágeis que se identificam particularmente bem tanto na Formação de Maubisse como na Formação de Wailuli (Fig. 4.22, respetivamente).



Figura 4.22. amostra estrutura Frágeis e Tardias.

4.5.4. Análise descritiva dos dados recolhidos no campo

O tratamento e análise das informações provenientes tanto da observação indirecta (imagens de satélite e fotografias aéreas), quanto da observação directa (campo), proporcionaram o entendimento das propriedades geométricas derivadas da morfologia, cinemática, arranjo e a quantificação das falhas, diaclases e outras estruturas frágeis observadas.

4.5.4.1. Análise das superfícies de estratificação (S0)

Na área de estudo recolheram-se um total de 179 dados referentes aos planos de estratificação (S0), nos afloramentos de arenitos e calcários das Formações de Wailuli num total de 159 observações. Nesta formação observa-se que direção média da estratificação na Formação de Wailuli é para NW e SE; e total dados da formação Maubisse são 22 e nesta Formação a direção média está próximo da horizontal. Estes dados foram posteriormente tratados estatisticamente com recurso ao programa Georient (Fig. 4.23).

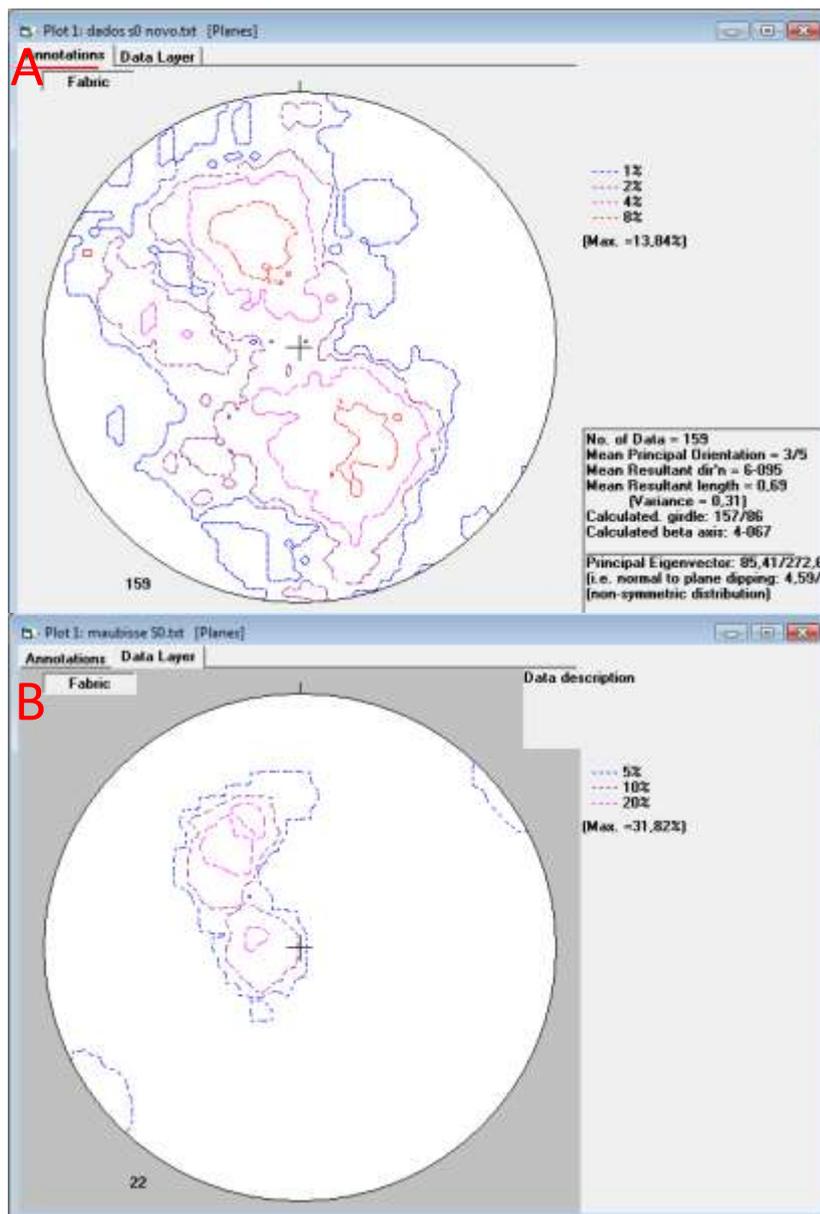


Figura 4.23. diagrama de contornos de densidade de referentes; A) S0: Formação Wailuli; B).S0: Formação Maubisse.

4.5.4.2. Analise das superfícies de xistosidade (Sn)

No campo obtiveram-se um total de 20 dados referentes à xistosidade (Sn), em afloramentos da anfibolitos, gabros e xistos verdes da Formação de Aileu. Também estes

dados foram analisados com o programa Georient (fig 4.24); concluímos que estatisticamente a maior atitude da xistosidade apresenta em principal direção e inclinação para NW – SE.

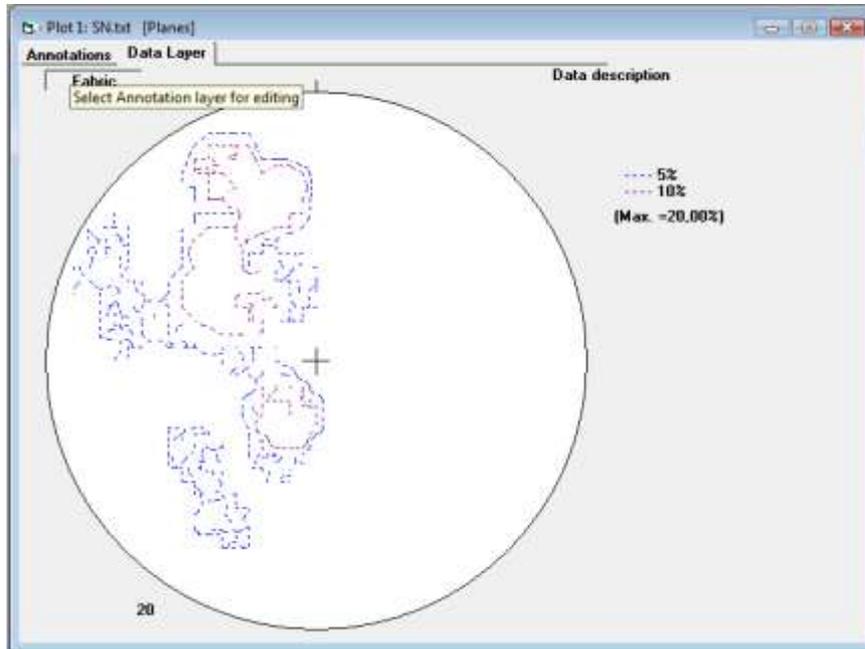


Figura 4.24. Projecção dos dados referentes à xistosidade na área de trabalho no programa Georient.

4.5.4.3. Analise dos eixos de dobras

No terreno foram lidos oito eixos de dobra em afloramentos de arenitos, argilitos e calcarenitos da Formação de Wailuli, neste caço não consegui usando programa Georient porque os dados muito pouco para Georient identifica os dados dos eixos das dobras (ver Tabela. 4.1).

Tabela 4.1. dados do eixo de dobra.

Dados do campo eixo de dobra	
Inclinação	Direcção
48	115
48	80
20	30
30	64
24	228
30	90
74	100
36	15

4.5.4.4. Análise de falhas

Foram recolhidos um total de 22 dados estruturais referentes a falhas, nos afloramentos de arenitos, argilitos e calcarenitos da Formação de Wailuli; anfibolitos, gabros e xistos verdes da Formação e Aileu e calcários da Formação de Maubisse. A análise destes dados com a ajuda do programa Georient permite-nos verificar que a direcção média será de N71º, 57ºSE (Fig. 4.25).

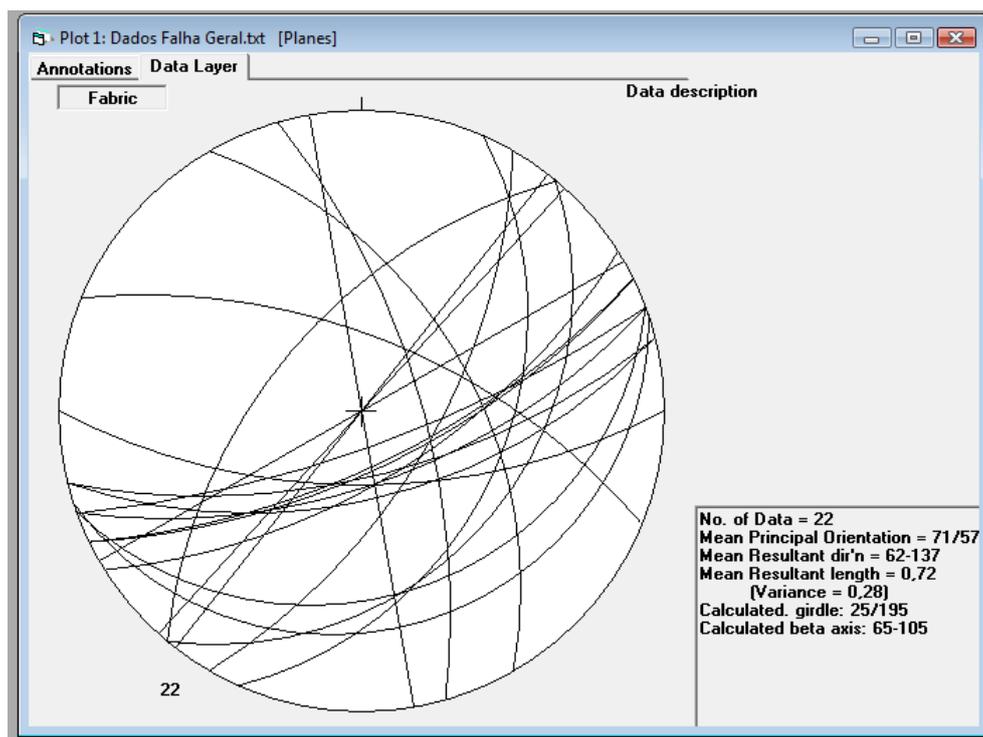


Figura 4.25. Projeção das falhas observadas na da área de trabalho, no programa Georient.

5. CONCLUSÕES

A partir da cartografia geológica realizada foi possível definir com maior detalhe o contacto entre as diferentes formações que afloram na área em estudo.

1. A região estudada é marcada por macro-estruturas de direcção NW-SE;
2. Define-se uma provável zona de cavalgamento entre Formação de Wailuli e a Formação de Aileu;
3. Identificou-se um *Klipe* que coloca a Formação de Maubisse em cima da Formação de Wailuli.

A partir dos mapas realizados podemos seleccionar áreas alvo para se realizarem estudos de detalhe com vista à identificação de locais para a exploração de rochas ornamentais (mármore na Formação de Aileu e calcários nas Formação de Maubisse) e/ou outros possíveis estudos.

BIBLIOGRAFIA

- Audley–Charles (1968), the Geology of Portuguese Timor.
- Audley–Charles (2004), Ocean Trench Blocked and Obliterated by Banda Forearc collision With Australian Proximal Continental Slope.
- Audley–Charles (2011), Tectonic post-collision processes in Timor.
- Bachri & Situmorang (1994), geological map of the Dili sheet, East Timor.
- Bemmelen. 1949. The Geology of Indonesia.
- Berry.F & Grady.A. (1981), Deformation and metamorphism of the Aileu Formation' north coast, East Timor and its tectonic significance.
- Berry & McDougal. 1986. Interpretation of $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ and K/Ar dating evidence from the Aileu formation, East Timor, Indonesia.
- Berry. F & Jenner. 1982. Basalt geochemistry as a test of the tectonic models of Timor.
- Carvalho, J. e Lisboa, V. (2002), Avaliação das potencialidades em rochas ornamentais e rochas e minerais industriais de Timor – Leste.
- Chamalaun, F. H. & Grady, A. 1978. The tectonic development of Timor: a new model and its implications for petroleum exploration.
- Chamalaun, F.H., Grady, A.E., von der Borsch, Hartono. , 1982b. Banda Arc tectonics: the significance of the Sumba Island (Indonesia).
- Charlton, T. (2002).The Structural Setting and Tectonic significance of the Lolotoi, Laclubar and Aileu Metamorphic Massifs, East Timor 2002.
- Charlton,T .Barber,A,J. Harris,S.T. 2009, The Triassic of Timor: Lithostratigraphy, chronostratigraphy and palaeogeography.
- Crostella, A., 1977. Geosynclines and plate tectonics in Eastern Indonesia.
- Crostella, A.A., Powell, D.E., 1975. Geology and hydrocarbon prospects of the Timor area. Proceedings of the Fourth Annual Convention.
- De Smet, M. E. M., Fortuin, A. R. 1990. Detection of collision-related vertical movements in the Outer Banda Arc (Timor, Indonesia) using micropaleontological data.
- Figueira,I. (2004), Caracterização Estrutural – Estratigráfica Para Seleção De Alvos De Reservatórios Análogos No Sistema Petrolífero Ponta Grossa – Itararé Na Bacia Do Parana.
- Gageonnet, R. & Lemoine, M. 1958. Contribution a` la connaissance de la géologie de la Province Portugaise de Timor.
- Giani .1971. The geology of the Belu district of the Indonesia Timor.

- Grady, A. E & BERRY, R. F. 1977: Some Paleozoic-Mesozoic stratigraphic and structural relationships in East Timor and their significance in tectonic of Timor.
- Grunau, H. R. 1953: Geologie von Portugiesisch Ost Timor.
- Hamilton, W. 1979. Tectonics of the Indonesian region.
- Hamson, G. (2004), The Tectonic Evolution of East Timor and the Banda Arc.
- Harris, R., 1989. Processes of allochthon emplacement with special reference to the Brooks Range ophiolite, Alaska, and Timor, Indonesia.
- Keep & Haig (2009), Deformation and exhumation in Timor: Distinct stages of a young orogeny.
- Keep, Barber. Haig. (2009) Deformation of the Cablac Mountain Range, East Timor: An overthrust stack derived from an Australian continental terrace.
- Leme, J. (1968), Breve Ensaio Sobre A Geologia Da Provincia De Timor.
- McCaffrey, R., 1989. Seismological constraints and speculations on Banda Arc tectonics.
- Monteiro, F. (2003), Late Triassic Strata from East Timor Stratigraphy, Sedimentology, And Hydrocarbon Potential.
- Prasetyadi, C., & Harris, R.A., 1996, Hinterland structure of the active Banda arc-continent collision, Indonesia: constraints from the Aileu Complex of East Timor.
- Prestyadi, C. (1995), structure and tectonic significance of the aileu formation, east timor.
- Richardson, A. N. & Blundell, D. J. 1996. Continental collision in the Banda Arc.
- Roosmawati, N., Harris, R., 2009. Surface uplift history of the incipient Banda arc– continent collision: geology and synorogenic foraminifera of Rote and Savu islands, Indonesia.
- Sawyer, K. Sani, K. Brown, S. 1993. The stratigraphy and sedimentology of West Timor, Indonesia.
- Snyder, D.B., Milsom, J., Prasetyo, H., 1996. Geophysical evidence for local indentor tectonics in the Banda Arc east of Timor.
- Soares, F. (1957), Estudos, ensaio e documentos XXXIV o clima e o solo de Timor. type area, East Timor: Revision of the Miocene stratigraphy of Timor.
- Standley, C., Harris, R. (2009), Tectonic evolution of forearc nappes of the active Banda arc-continent collision: Origin, age, metamorphic history and structure of the Lolotoi complex, East Timor.
- Tappenbeck. (1939), Geologies des Mollogebirges und Einiger Benachbarten Gebiete (Niederlandisch Timor).
- Tjokosaprotro. 1996. A dual doubly vergent orogen in the Banda Arc continent - arc collision zone as observed on deep seismic reflection profiles.

Villeneuve, Martini, Zaninetti, Cornée. (2005), Révision stratigraphique de l'île de Timor (Indonésie orientale).

Wittouck, S.F., 1937. Exploration of Portuguese Timor. Report of Allied Mining Corp. To Asia Investment Co. Ltd., Amsterdam (Kolff).