



UFRJ

Débora Barros Nascimento

**GEOLOGIA ESTRUTURAL E ESTRATIGRAFIA DOS DOMOS DONUTS,
SEQUÊNCIA DAMARA, NEOPROTEROZÓICO, NAMÍBIA**

Trabalho de Conclusão de Curso

Geologia

UFRJ

Rio de Janeiro

Janeiro de 2010



UFRJ

Débora Barros Nascimento

**GEOLOGIA ESTRUTURAL E ESTRATIGRAFIA DOS DOMOS DONUTS,
SEQUÊNCIA DAMARA, NEOPROTEROZÓICO, NAMÍBIA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
em Geologia do Instituto de Geociências,
Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ,
apresentado como requisito necessário para
obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador: André Ribeiro

Co-orientador: Rudolph Trouw

UFRJ

Rio de Janeiro

Janeiro de 2010

Nascimento, Débora Barros

Geologia Estrutural e Estratigrafia dos Domos Donuts, Sequência Damara,
Neoproterozóico, Namíbia / Débora Barros Nascimento - Rio de Janeiro:
UFRJ / IGEO, 2010.

xii, 47f.

Trabalho Final de Curso (Bacharelado em Geologia) – Universidade
Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de
Geologia, 2010.

Orientador: André Ribeiro, Co-orientador: Rudolph Trouw

1. Geologia Estrutural 2. Estratigrafia 3. Sequência Damara
4. Neoproterozóico 5. Namíbia

Débora Barros Nascimento

**GEOLOGIA ESTRUTURAL E ESTRATIGRAFIA DOS DOMOS DONUTS,
SEQUÊNCIA DAMARA, NEOPROTEROZÓICO, NAMÍBIA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
em Geologia do Instituto de Geociências,
Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ,
apresentado como requisito necessário para
obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador: André Ribeiro

Co-orientador: Rudolph Trouw

Aprovada em:

Por:

Orientador: André Ribeiro (UFRJ)

Renata da Silva Schmitt (UFRJ)

Gabriel Corrêa de Matos (CENPES/PETROBRAS)

Dedicada à
Eliane Aparecida Barros Nascimento e
Luiz Fernando de Carvalho Nascimento

Agradecimentos

Agradeço a todos que fizeram e fazem parte da minha vida, principalmente durante esses cinco longos e cansativos, mas maravilhosos e inesquecíveis, anos de Geologia...

Sou eternamente grata ao meu alicerce, meus pais e irmãos, que sempre serão os responsáveis por cada sucesso obtido e degrau avançado. Durante todos esses anos vocês foram pra mim um grande exemplo de força, coragem e perseverança infinita para nunca desistir diante do primeiro obstáculo encontrado. Vocês são e sempre serão meu maior porto seguro, meu maior exemplo de vitória, meus heróis e simplesmente aqueles que mais amo.

Agradeço também ao meu namorado, Vitor, pelo carinho, atenção e amor, e por conseguir me aturar durante os muitos momentos de stress... Muito obrigada, meu anjo!

Agradeço de coração ao doutor e amigo André Ribeiro, com quem sempre pude contar, desde o início da faculdade. Obrigada por contribuir com tantos ensinamentos, conhecimento, pelas palavras de força e incentivo. E também por tanta paciência e confiança depositada em mim.... Você é um dos grandes amigos que eu levo e sempre levarei no peito.

Obrigada também ao meu co-orientador Rudolph Trouw pelo incentivo em todos esses anos de geologia, pela amizade e por ter me dado a oportunidade de ir pra Namíbia realizar esse trabalho... a Cees Passchier também pela oportunidade de ir a Namíbia e as variadas histórias que tanto nos fizeram rir durante os dias de acampamento... a Sven e Yohana pela companhia durante os acampamentos e troca de informações por email... e a Renata Schmitt pela companhia de campo, amizade e incentivo...

Acredito que uma vida sem amigos é como um geólogo de campo sem caderneta, bússola, martelo e mapa... Não existe! Por isso sou eternamente grata a todos os meus amigos, os de perto e os de longe, com quem sei que posso contar em todos os momentos da minha vida. Não sei o que seria de mim sem vocês!

Por fim, obrigada Senhor pela chance que me dá de estar aqui fazendo o que amo junto de pessoas tão maravilhosas e pelas "pedras" que encontro no caminho....

E, como já dizia Oscar Wilde,

“A vida é muito importante para ser levada a sério”.

Resumo

NASCIMENTO, Débora Barros. Geologia estrutural e estratigrafia dos Domos Donuts, Sequência Damara, Neoproterozóico, Namíbia. 2010, xii, 47f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Os Domos Donuts são duas estruturas dômicas no noroeste da Namíbia, constituídas por uma espessa sucessão metassedimentar neoproterozóica da Sequência Damara. O mapeamento geológico destas estruturas mostrou um padrão de redobramento do tipo domos e bacias, porém com forma elíptica, gerado por dobras de escala quilométrica de duas fases de deformação. A primeira fase foi um encurtamento norte-sul e, a segunda, um encurtamento leste-oeste. A principal foliação é uma clivagem ardosiana plano axial, contemporânea à primeira fase e ao metamorfismo de fácies xisto verde, zona da biotita. Existe ainda uma terceira fase de deformação pouco expressiva, que reflete um encurtamento norte-sul.

As principais litofácies que constituem as sucessões dos domos são debritos, turbiditos clássicos e pelitos distribuídos em cinco unidades de mapeamento, duas siliciclásticas e três carbonáticas. Estas unidades são interpretadas como depósitos de talude e leque submarino proximal. Uma delas contém fácies de águas rasas com estromatólitos e oólitos, interpretada como olistolitos e olistostromas gerados por deslizamentos desde uma plataforma carbonática. A alternância de unidades siliciclásticas e carbonáticas de mar fundo deve refletir períodos de abatimento de blocos e conseqüente mar alto relativo com formação de plataformas carbonáticas. Empurradas sobre as unidades dos domos ocorrem outras duas unidades siliciclásticas interpretadas como depósitos de leque médio a distal.

Palavras chave: Geologia Estrutural, Estratigrafia. Sequência Damara, Neoproterozóico, Namíbia.

Abstract

NASCIMENTO, Débora Barros. Structural geology and stratigraphy of the Donuts Dome, Damara Sequence, Neoproterozoic, Namibia. 2010, xii,47f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

The Donuts Domes consist of two dome structures in a thick Neoproterozoic metasedimentary succession of the Damara Sequence at Damaraland, northwestern Namibia. Detailed geological mapping of the structures revealed an elliptical dome-and-basin refolding pattern related to kilometer scale folds of two deformation phases. The first phase is related to a north-south shortening and the second one to a west-east shortening event. The main foliation is an axial plane slaty cleavage developed in the biotite zone of the greenschist facies during the first deformation phase. A late discrete third phase registers a north-south shortening.

The main lithofacies of the sedimentary successions of the domes are debrites, classical turbidites and pelites, distributed in five stratigraphic units. Two of them are siliciclastic and three are carbonate units. These units can be interpreted as slope aprons and proximal fan facies successions deposited in a deep water environment during basin opening. A carbonate unit including shallow water oolite grainstones and stromatholite biostromes is interpreted as olistolite and olistostrome structures.

The alternating deep water siliciclastic and carbonate unit records block faulting during basin opening and the source of the carbonate debris may be a carbonate platform developed during the short high sea level periods between main tectonic events.

The dome successions are overthrust by two other units interpreted as medium to distal fan siliciclastic deposits.

Key-words: Structural geology, Stratigraphy, Damara Sequence, Neoproterozoic, Namibia

Índice

Agradecimentos	vi
Resumo	vii
Abstract	viii
Índice	ix
Índice de figuras	x
Índice de anexos	xii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivo	1
1.2. Metodologia	1
1.3. Logística	2
1.4. Localização geográfica da área investigada	2
2. GEOLOGIA REGIONAL	4
3. DOMOS DONUTS	8
3.1. Geologia Estrutural	8
3.1.1. Fases de deformação	8
3.1.2. Fases de deformação no contexto regional	14
3.1.3. Trabalhos prévios	16
3.2. Geologia Sedimentar	17
3.2.1. Litofácies	17
3.2.1.1. Litofácies siliciclásticas	17
3.2.1.2. Litofácies carbonáticas	26
3.3. Estratigrafia	30
3.3.1. Unidade 1	30
3.3.2. Unidades 2 e 3	31
3.3.3. Unidade 4	35
3.3.4. Unidade 5	35
3.3.5. Unidades 6 e 7	36
3.4. Paleoambientes	37
3.5. Correlações Estratigráficas	37
4. DIQUES DE DIABÁSIO	39
5. ROCHAS E SEDIMENTOS FANEROZÓICOS	40
6. CONCLUSÕES	43
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
8. ANEXOS	47

Índice de figuras

Figura 1. Localização da Namíbia no sul do Continente Africano destacando-se a região de Damaraland. Fonte: Google Earth 2009.	2
Figura 2. Acesso aos Domos Donuts – estrada azul, desde Windhoek, capital da Namíbia, passando por Okahandja, Omaruru e Twyfelfontein até alcançar o Rio Huab. Fonte: The Shell Road Map of Namíbia, 1997.	3
Figura 3. Mapa geotectônico da Namíbia com polígono delimitando a área do Projeto Namíbia e a localização dos Domos Donuts. Simplificado de Hoffman e Halverson (2008).	4
Figura 4. Mapa Geológico da Sequência Damara de Twijfelfontein até o Lower Ugab. Simplificado do mapa do Projeto Namíbia, Cees Passchier e Rudolph Trouw, e colaboradores, inédito.	6
Figura 5. Sucessões aluviais da fase rifte, de talude e leque submarino da fase de margem continental, e aluviais e fluviais de bacia de antepaís (?) na Sequência Damara. Mapa de fácies entre Twijfelfontein até o Lower Ugab baseado em dados de campo e no mapa da figura 4.	7
Figura 6. Mapa geológico dos Domos Donuts. Idade de 756 ± 4 Ma (Renata Schmitt, informação verbal) em dacito encaixado em unidade correlata na área de Twijfelfontein.	9
Figura 7. Seção geológica norte-sul através dos Domos Donuts mostrando dobras D1. Legenda das unidades inclusive figuras 8 e 9 vide mapa geológico.	10
Figura 8. Seção geológica leste-oeste através do domo sul mostrando dobra D2.	11
Figura 9. Seção geológica leste-oeste através do domo norte mostrando dobra D2 com discreta vergência para leste.	11
Figura 10. Estereogramas de igual área, com projeção no hemisfério inferior, mostrando: A- pólos de acamamento sedimentar (S0) paralelo a clivagem da fase D1 (S1); B- pólos de S1; C- eixos D1; D- pólos de S0 paralelo a S2; E- pólos de S2; F- eixos D2; G- pólos de S0; H- pólos de S3; I- eixos D3.	12
Figura 11 A e B. Dobras D1 com plano axial e eixo subverticais devido ao redobramento D2. Unidade 5 na parte nordeste do domo sul.	13
Figura 12 A e B. Dobras D2 com plano axial e eixos subverticais em dolomito da unidade 2, no domo sul e da unidade 5 no domo norte.	15
Figura 13. Clivagem ardosiana em intercalação de dolomitos e siltitos da unidade 1 no domo sul.	16
Figura 14 A e B. Bancos de dolomito marrom intercalados em camadas de debritos. Na foto A os contatos irregulares registram compactação mecânica.	18
Figura 15. Gradação normal em camadas de debritos polimiticos.	19
Figura 16. Fragmentos de dolomito marrom, arenito, granito e quartzo de veio caracterizando o caráter polimitico do debrito.	19
Figura 17 A e B. Debritos arcoseanos que gradam para arcóseos grossos angulosos como próximo ao martelo.	21
Figura 18. Gradação normal em camadas de arcóseo.	24

Figura 19. Fragmentos de dolomito em quartzito na base da unidade 6.	24
Figura 20 A e B. Fragmentos isolados de arenito em sucessão de siltitos, e na foto B, seixo isolado de granito em pelito filítico. Unidade 4, domo norte.	25
Figura 21. Fragmentos de calcáreo cinzento e dolomito marrom formando debrito interpretado como fluxo de detritos carbonático.	27
Figura 22. Gretas de ressecamento em bloco de dolomito pelítico creme.	28
Figura 23. Estromatólitos colunares formando biostroma em dolomitos.	28
Figura 24. Ciclos calciarenito-pelito compostos por grainstone oolítico e mudstone de cor creme, interpretados como turbiditos carbonáticos.	29
Figura 25. Localização do perfil estratigráfico do anexo 2. Unidade 1 no canto sudeste do domo norte (Fig. 6 e anexo 1).	31
Figura 26. Camadas delgadas de dolomito marrom, arenitos finos, siltitos e argilitos formando sucessão mista intercalada em dolomitos da unidade 2. Ponto 49, anexo 6, 7.	32
Figura 27. Sucessão mista unidade 2 entre dolomitos da unidade 3. A linha corresponde as duas primeiras colunas no anexo 4. Ponto 173, anexo 6, 7.	32
Figura 28 A e B. Paredão de dolomito da unidade 3 sobre dolomito estratificado da sucessão mista da unidade 2. No detalhe (B) o contato entre as unidades maciça e estratificada. Ponto 161, anexo 6, 7.	33
Figura 29. Lente de dolomito maciço, interpretada como olistolito intercalado em sucessão mista carbonática-siliciclástica. Área do ponto 161, anexo 6, 7.	34
Figura 30. Sucessão mista carbonática-siliciclástica da unidade 2 intercalada e truncada por dolomitos da unidade 3. Área do ponto 161, anexo 6, 7.	34
Figura 31. Dolomitos da unidade 5 em contato concordante sobre sucessão de pelitos, arenitos e dolomitos da unidade 4, no ponto 45 (anexo 6, 7), domo sul.	36
Figura 32. Correlação entre unidades estratigráficas e de mapeamento deste trabalho com a estratigrafia utilizada por Maloof (2000) e Hoffman e Haverson (2008) para os Domos Donuts. Os números na coluna “Presente trabalho” correspondem às unidades mapeadas nos Domos Donuts.	38
Figura 33. Dique de diabásio NE-SW/subvertical com cores esverdeadas de alteração e fraturas subhorizontais e subverticais. Ponto 35, parte leste do domo norte.	39
Figura 34. Unidades da Bacia Etendeka vistas da parte oeste do domo norte.	40
Figura 35. Leque aluvial recente sendo a área fonte as rochas da Bacia Etendeka. Vista para oeste do domo norte.	41
Figura 36. Rio entrelaçado efêmero no vale que separa os domos norte e sul. Imagem do Google Earth fornecida pela <i>Mainz University</i> .	41
Figura 37. Gretas de ressecamento em lama de canal abandonado do Rio Huab. Parte leste dos Domos Donuts.	42
Figura 38. Depósito de talus em encosta carbonática na parte norte do domo sul.	42

Índice de anexos

Anexo 1. Mapa Geológico dos Domos Donuts, Sequência Damara, Damaraland, Namíbia.

Anexo 2. Perfil estratigráfico 1 – sudeste do domo norte.

Anexo 3. Perfil estratigráfico 2 – oeste do domo sul.

Anexo 4. Perfil estratigráfico 3 – leste do domo sul.

Anexo 5. Tabela de correlação estratigráfica das unidades dos Domos Donuts com outras a norte e leste expostas nas áreas de Twijlfontein, Tucons, Goantagab e Lower Ugab. Localização das áreas na figura 4.

Anexo 6. Mapa de pontos dos Domos Donuts.

Anexo 7. Tabela de pontos com coordenadas em grau-minuto decimal usando o datum Schwarzeck, tipos de rocha e sua unidade e medidas de S0 - acamamento sedimentar e foliações S1 - da primeira, S2 - da segunda, S3 - da terceira fase de deformação, E corresponde aos eixos de dobras das três fases de deformação. Devido a densidade de medidas as atitudes dos pontos em **negrito** não foram plotadas no mapa.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Objetivo

A finalidade deste trabalho é caracterizar a geologia estrutural, estratigrafia e paleoambientes deposicionais das sucessões neoproterozóicas da Sequência Damara nos Domos Donuts. É uma contribuição ao entendimento da evolução geotectônica da Sequência Damara.

O trabalho insere-se em uma linha de investigações geológicas na região de Damaraland, noroeste da Namíbia, que vem sendo desenvolvido por pesquisadores do Departamento de Geologia da UFRJ e da Mainz University, Alemanha, desde 1998.

1.2. Metodologia

A metodologia consistiu em análise bibliográfica, trabalhos de campo, gabinete e laboratório, resultando em mapa geológico, mapa estrutural, seções geológicas e perfis estratigráficos colunares detalhados.

Foi feita análise bibliográfica sobre a evolução da Sequência Damara nas faixas Damara e Kaoko, com atenção a região de Damaraland e Domos Donuts. Foram consultados trabalhos conceituais sobre geotectônica, geologia estrutural e sedimentar.

Os trabalhos de campo foram realizados no mês de agosto de 2008 e agosto de 2009, totalizando 27 dias efetivos de campo. No campo foi utilizada como base topográfica a ampliação de parte da Folha 2014AC VREDE 1:50.000 - 1ª edição, Director – General of Surveys, South West Africa, 1980. O datum utilizado no GPS Garmin 12 foi o Schwarzeck.

Os trabalhos de campo consistiram em mapeamento geológico em escala 1:25.000. Foram estudados 222 pontos, definidas e mapeadas unidades estratigráficas. Perfis estratigráficos detalhados foram levantados em áreas chaves dos Domos Donuts visando caracterizar a estratigrafia local e os paleoambientes deposicionais. Trabalhos de campo em outras áreas da Sequência Damara em Damaraland tiveram objetivo de entender a geologia regional.

Nas dependências do Departamento de Geologia foi confeccionado o presente relatório. Os mapas e figuras gráficas foram confeccionados no software CorelDraw X4. Os dados estruturais, tais como foliações e lineações, foram representados em estereogramas utilizando o software RockWorks 2006.

1.3. Logística

A infra-estrutura dos trabalhos de campo, incluindo material de acampamento e viaturas off-road, foi fornecida pelo Projeto Namíbia, liderado pelos professores Rudolph Trouw da UFRJ e Cees Passchier da Mainz University, Alemanha, e financiado pela Schürmann Foundation, Holanda. O deslocamento até a Namíbia foi financiado por uma bolsa da Superintendência Geral de Administração e Finanças (SG-6) da UFRJ.

1.4. Localização geográfica da área investigada

A área estudada localiza-se no noroeste da Namíbia, no continente Africano (Fig. 1). O acesso a partir de Windhoek, capital da Namíbia, é feito por estrada pavimentada até Okahandja e de lá por estrada de terra passando por Omaruru e Twyfelfontein até alcançar o vale do Rio Huab em Damaraland. Os Domos Donuts aparecem a oeste do Rio Huab (Fig. 2).

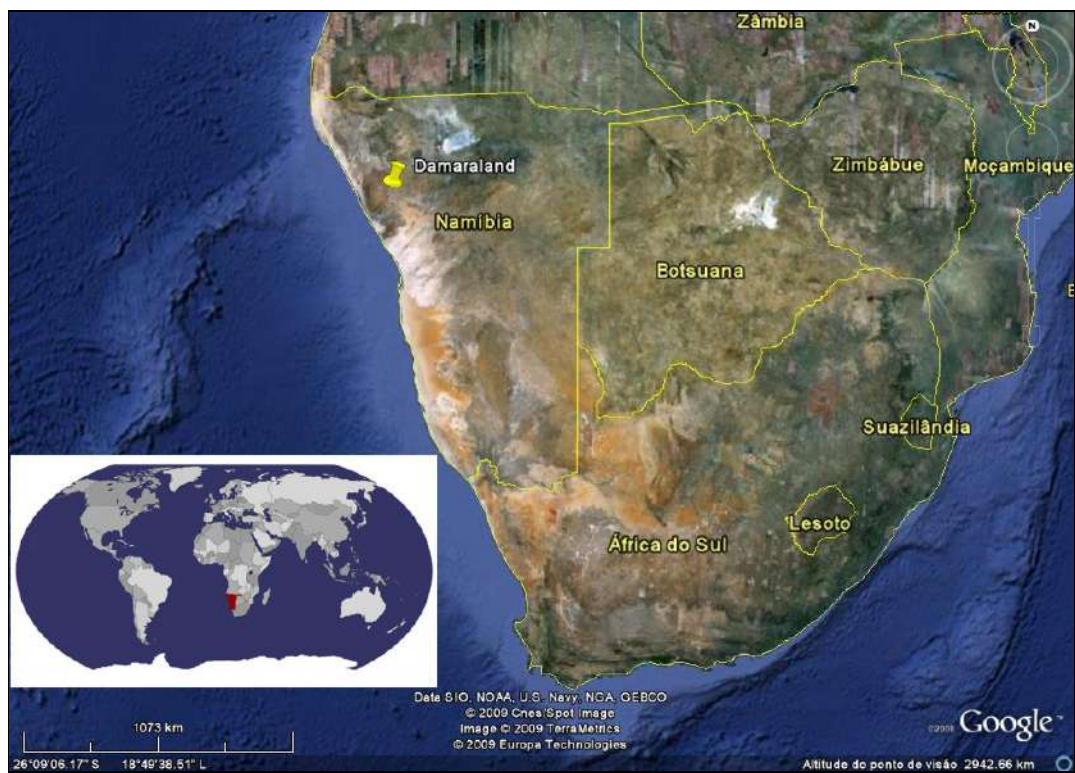


Figura 1. Localização da Namíbia no sul do Continente Africano destacando-se a região de Damaraland. Fonte: Google Earth 2009.

2. GEOLOGIA REGIONAL

A Orogenia Pan-Africana/Brasiliana gerou vários cinturões orogênicos circundando crátons. Na Namíbia o Orógeno Damara (Miller, 1983) é constituído por três segmentos, Faixa Damara ou ramo interior, Faixa Gariep e Faixa Kaoko (Fig. 3). As unidades metassedimentares nestas faixas são consideradas depósitos de margens continentais passivas que existiam nas bordas dos crátons Kalahari e Congo/Angola (Miller, 1983; Porada, 1989; Paciullo *et al.*, 2007; entre outros).



Figura 3. Mapa geotectônico da Namíbia com polígono delimitando a área do Projeto Namíbia e a localização dos Domos Donuts. Simplificado de Hoffman e Halverson (2008).

A Sequência Damara, que é parte da Faixa Damara, é um espesso (>1000m) pacote metassedimentar neoproterozóico, constituído por unidades siliciclásticas e carbonáticas, deformadas durante a orogenia Pan-Africana.

A sucessão dos Domos Donuts faz parte da Sequência Damara na zona Damara Nordeste ou Outjo integrando o Subgrupo Ugab (Hoffmann *et al.*, 2004). Hoffman e Halverson (2008) incluíram as unidades basais dos domos, ricas em conglomerados, na Formação Naauwpoort do Grupo Nosib e as superiores com conglomerados, arenitos, pelitos e dolomitos nos subgrupos Abenab e Tsumeb do Grupo Otavi. No item 3.5 pode-se observar uma tentativa de correlação entre unidades que mapeamos nos Domos Donuts e unidades que possuem nomes formais na nomenclatura geológica da Namíbia.

A Sequência Damara na área do Projeto Namíbia (Fig. 3) aparece em fácies xisto verde, zona da biotita, com padrões tectônicos que permitem definir três domínios estruturais, de norte para sul, Twijfelfontein, Goantagab e Lower Ugab (Fig. 4).

No domínio Twijfelfontein a deformação principal gerou empurrões, dobras e transporte tectónico para norte. No Goantagab o padrão é semelhante aos Donuts, dobras D1 com vergência para norte/noroeste. No Lower Ugab as dobras registram transporte para oeste. A foliação principal nos três domínios, em geral, é uma clivagem ardosiana da primeira fase de deformação D1. Ocorrem mais duas fases de deformação, D2 e D3, com dobras abertas e apertadas e clivagem de crenulação. D2 corresponde regionalmente a uma compressão leste-oeste. D3 tem planos axiais íngremes de traço nordeste-sudoeste até norte-sul.

Apesar da deformação estruturas primárias e relações entre unidades indicam depósitos de margem continental passiva. Ocorrem três conjuntos de associações de fácies. O mais antigo inclui brechas graníticas e arcóseos de leques aluviais da fase rifte. Sobre estes ocorrem ciclos debrito-turbidito/pelito até decamétricos, arcoseanos e carbonáticos, interpretados como depósitos de talude e leque submarino proximal. Em transição lateral e vertical ocorre um conjunto formado por turbiditos clássicos e pelitos, também arcoseanos e carbonáticos, interpretados como depósitos de leque médio e distal. Um quarto conjunto de associação de fácies aluvial/fluvial é a Formação Mulden, interpretada como depósito de antepaís (Fig. 5).

Uma soleira de dacito intercalada na fácies de talude do domínio Twijfelfontein forneceu idade U-Pb (SHRIMP) em zircões de 756 ± 4 Ma (Renata Schmitt, informação verbal). Este dado registra a fase de abertura da bacia e baliza a idade máxima dos sedimentos. Granitos sin-tectónicos com idades U-Pb (SHRIMP) em zircão em torno de 530Ma (Renata Schmitt, informação verbal), registram a deformação Pan-Africana.

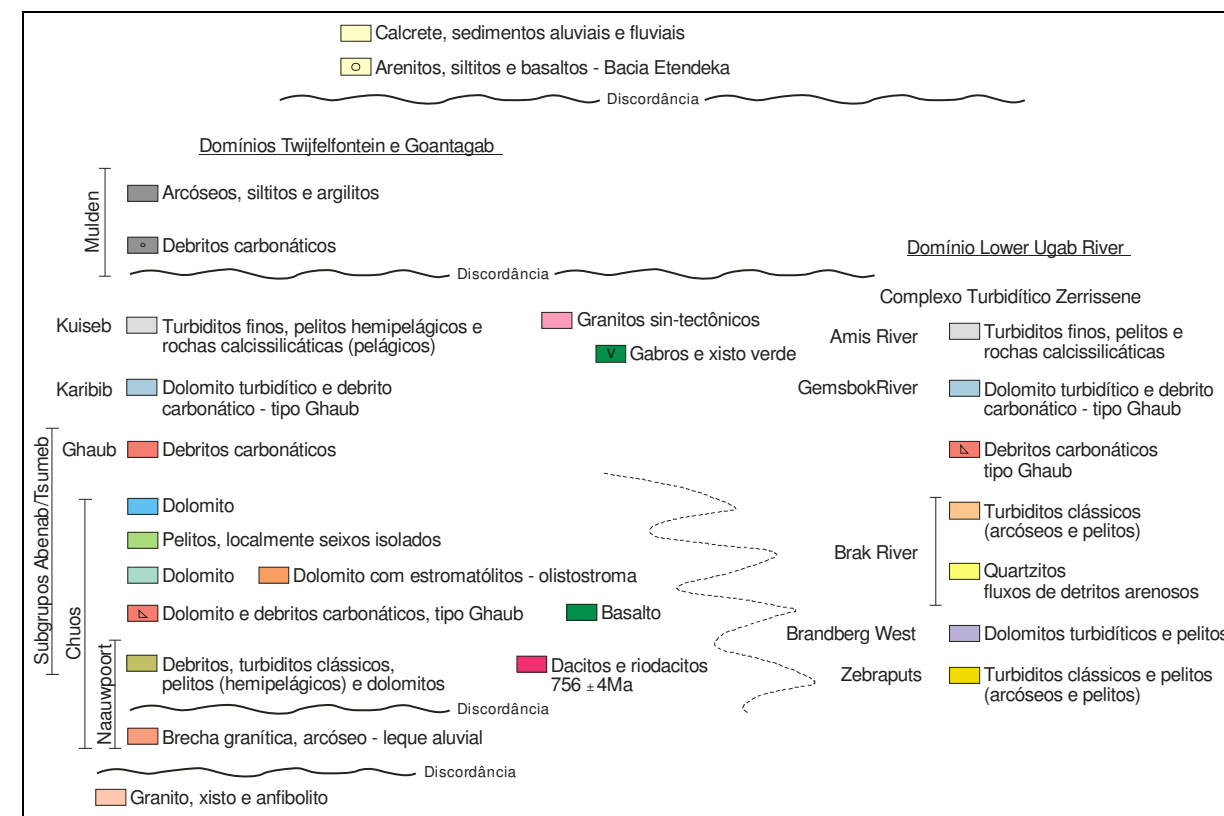
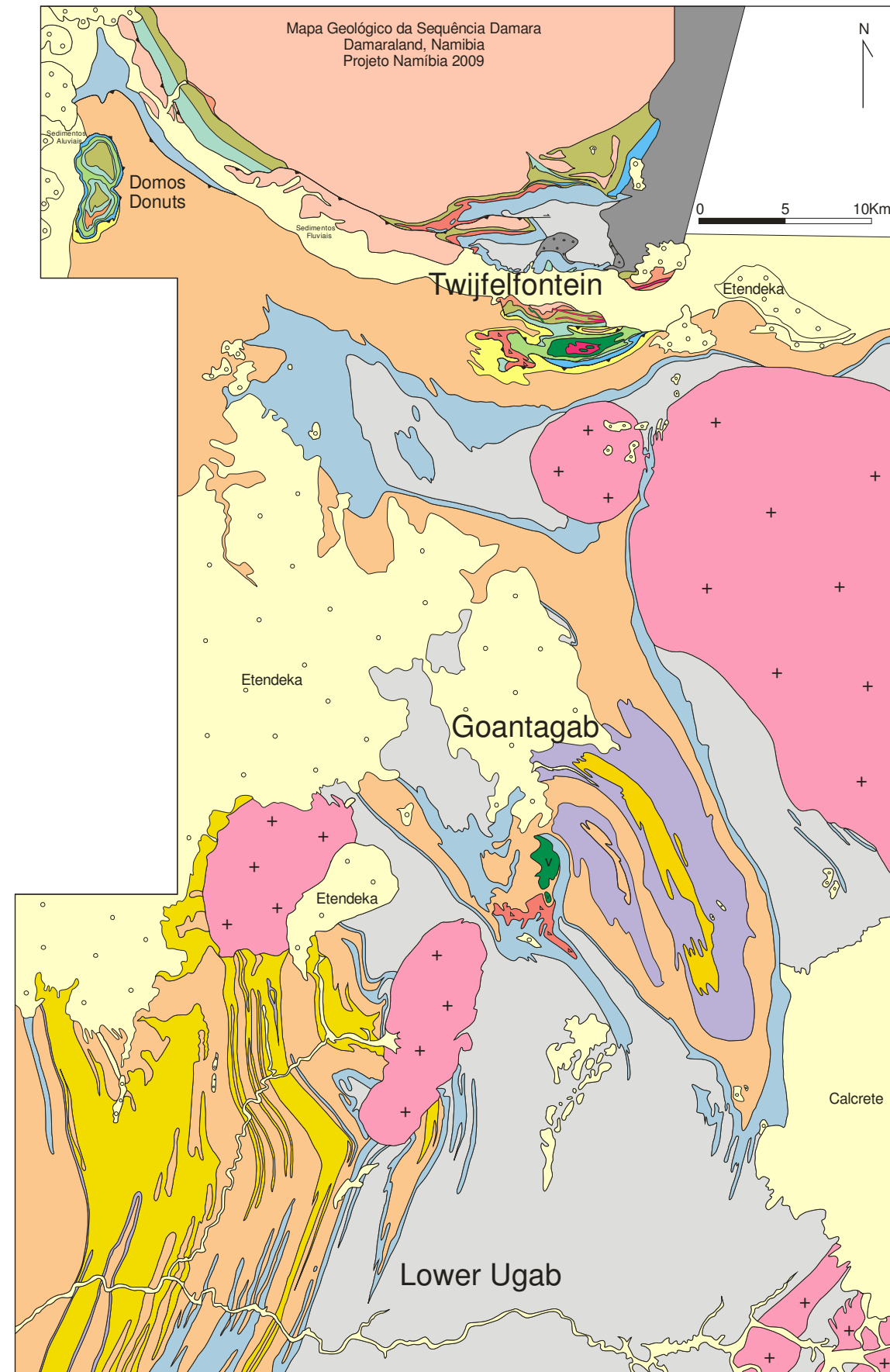


Figura 4. Mapa Geológico da Sequência Damara de Twijelfontein até o Lower Ugab. Simplificado do mapa do Projeto Namíbia, Cees Passchier e Rudolph Trouw, e colaboradores, inédito.

3. DOMOS DONUTS

3.1. Geologia Estrutural

Um par de domos estruturais, os domos sul e norte, gerados pela interferência de duas fases de deformação, D1 e D2, constituem os Domos Donuts (Fig. 6 e anexo 1). Esta é uma estrutura aproximadamente similar ao padrão de redobramento domos e bacias de Ramsay (1967), porém com uma forma mais elíptica e um dos eixos maior.

A primeira fase de deformação, D1, gerou dobras assimétricas com planos axiais íngremes para sul e vergência para norte (Fig. 7). A segunda fase de deformação, D2, gerou dobras simétricas a levemente assimétricas, com planos axiais íngremes para oeste e discreta vergência para leste (Fig. 8, 9). Os eixos de dobras D1 e D2 são curvos devido à interferência entre as duas fases, quase ortogonais. Em geral, nos flancos D1 de menor mergulho os eixos D2 têm caimento para sul e, nos flancos D1 íngremes os eixos D2 tem alto caimento, para norte ou sul (Fig. 10). Os dados de campo, as seções geológicas e estereogramas sugerem um eixo D1 em torno da direção leste-oeste. Ocorrem também em um ponto, dobras mais novas, atribuídas a uma terceira fase de deformação, D3, com planos axiais íngremes para sudeste.

3.1.1. Fases de deformação

D1 - Primeira fase de deformação

D1 gerou dobras assimétricas apertadas com vergência para norte e amplitudes métricas a quilométricas (Fig. 7, 11). A clivagem S1, ardosiana reta ou em domínios, é bem desenvolvida em siltitos e argilitos. Em debritos e arenitos grossos S1, com raras exceções, não se desenvolveu ou é apenas uma clivagem espaçada. Em geral, S1 é paralela ou subparalela ao acamamento sedimentar (S0). A atitude de S0//S1 e de S1 é muito variada e, como mostram os estereogramas, seus pólos formam uma guirlanda e os eixos D1 mostram desde baixo caimento para sul até posições verticais (Fig. 10A, B, C). As variações nas atitudes de D1 resultam do redobramento por D2. Provavelmente, antes de D2, os eixos D1 devem ter sido aproximadamente leste-oeste com baixo caimento para E ou W, e os planos axiais de baixo caimento para sul.

Como mostra o mapa, as unidades 6 e 7 truncam a sucessão dos Domos Donuts. Este contato, com pontos tríplexes, pode ser interpretado como um empurrão sin-D1 e a vergência das dobras D1 sugere encurtamento norte-sul. Na região do empurrão foram observadas lineações de estiramento com caimento entre 30° e 40° para sul.

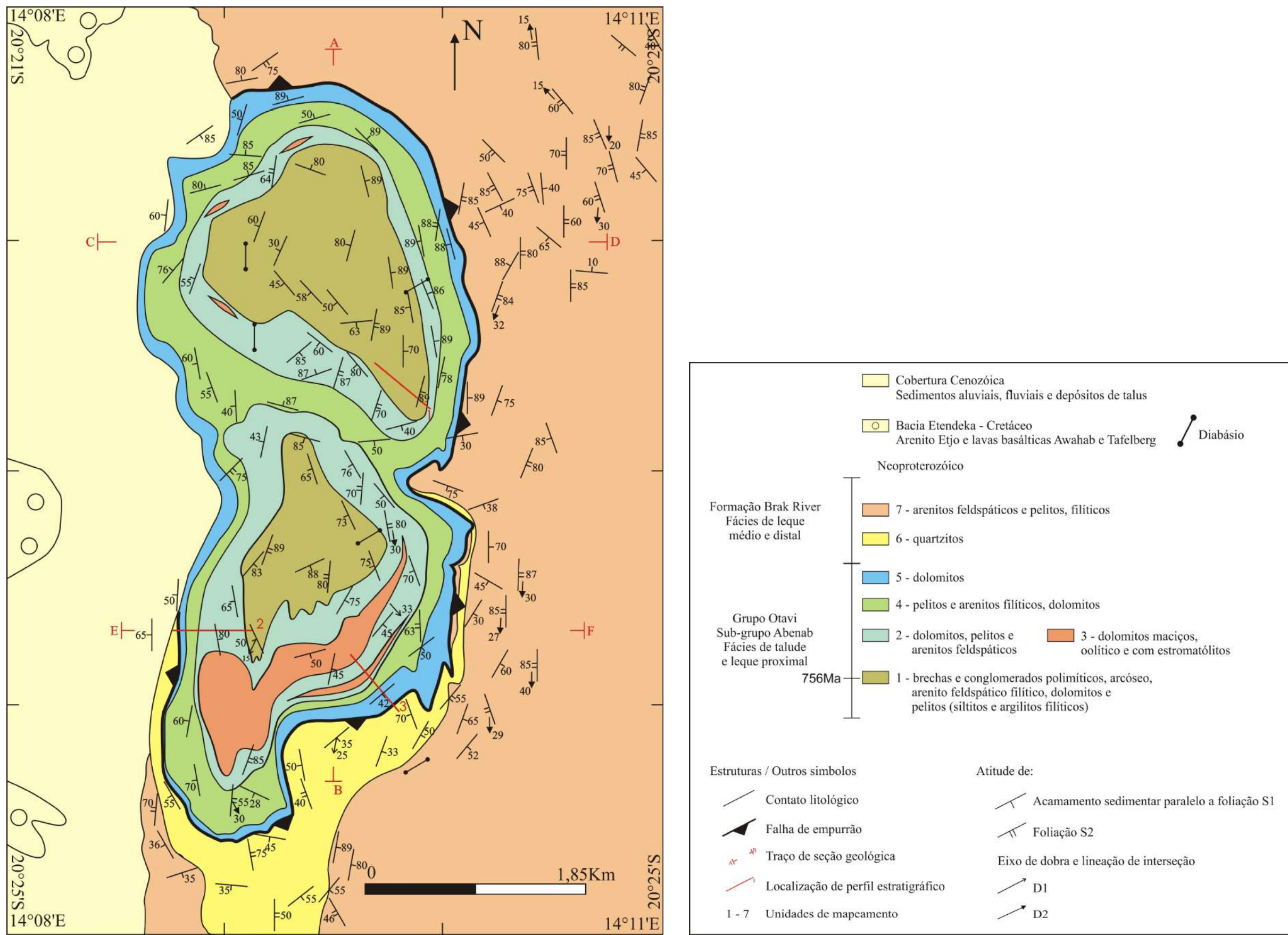


Figura 6. Mapa geológico dos Domos Donuts. Idade de 756±4Ma (Renata Schmitt, informação verbal) em dacito encaixado em unidade correlata na área de Twijfelfontein (Fig. 4).

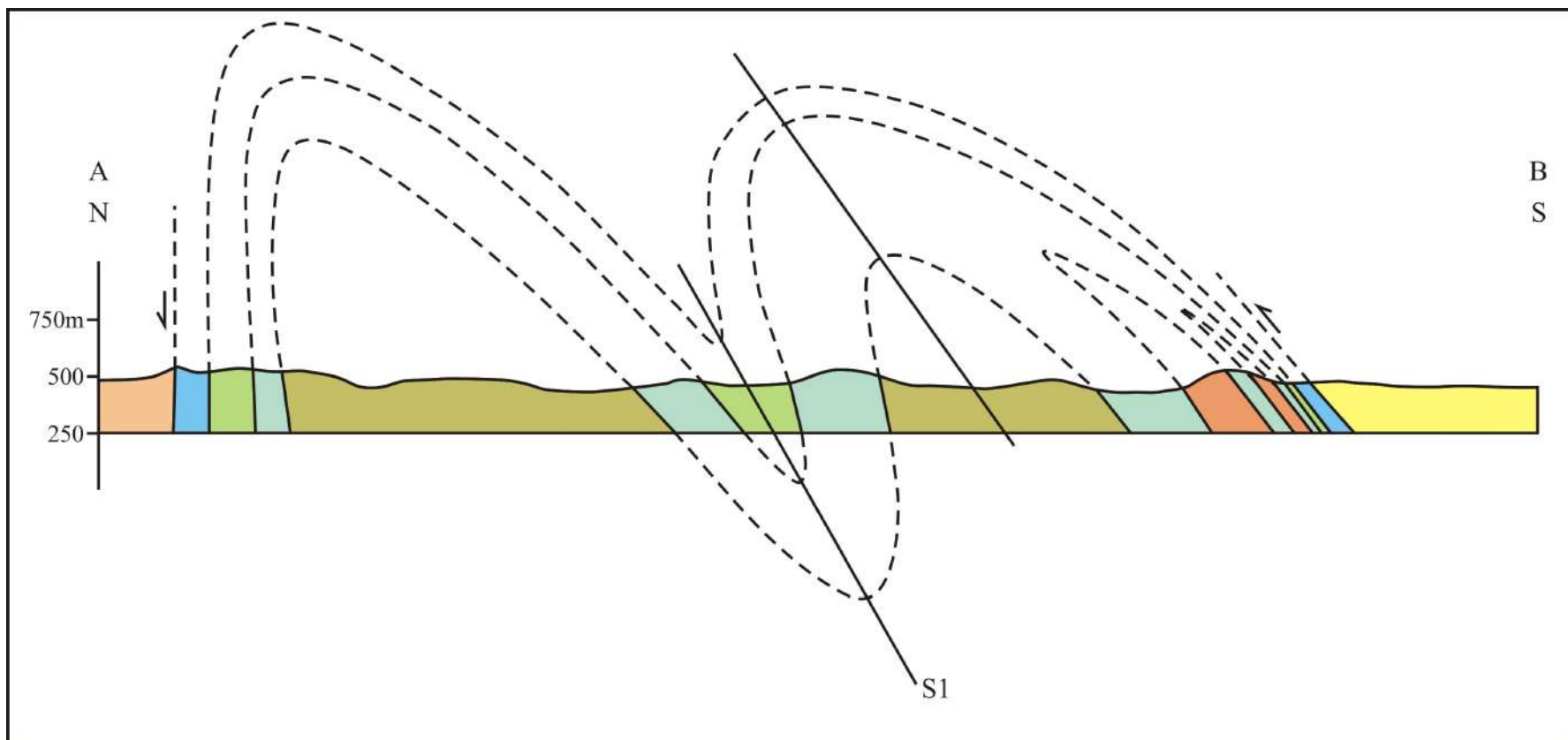


Figura 7. Seção geológica norte-sul através dos Domos Donuts mostrando dobras D1.
 Legenda das unidades inclusive figuras 8 e 9 vide mapa geológico.

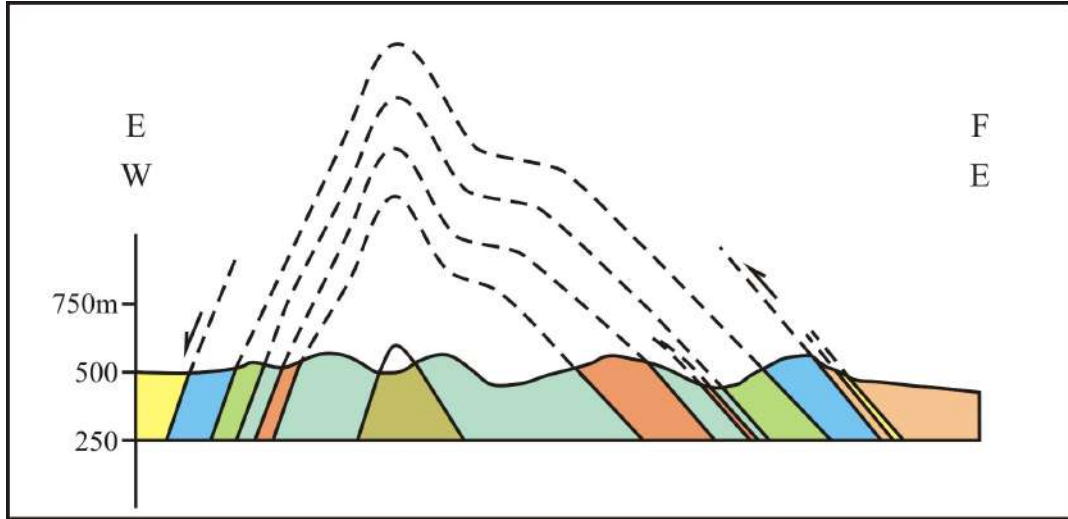


Figura 8. Seção geológica leste-oeste através do domo sul mostrando dobra D2.

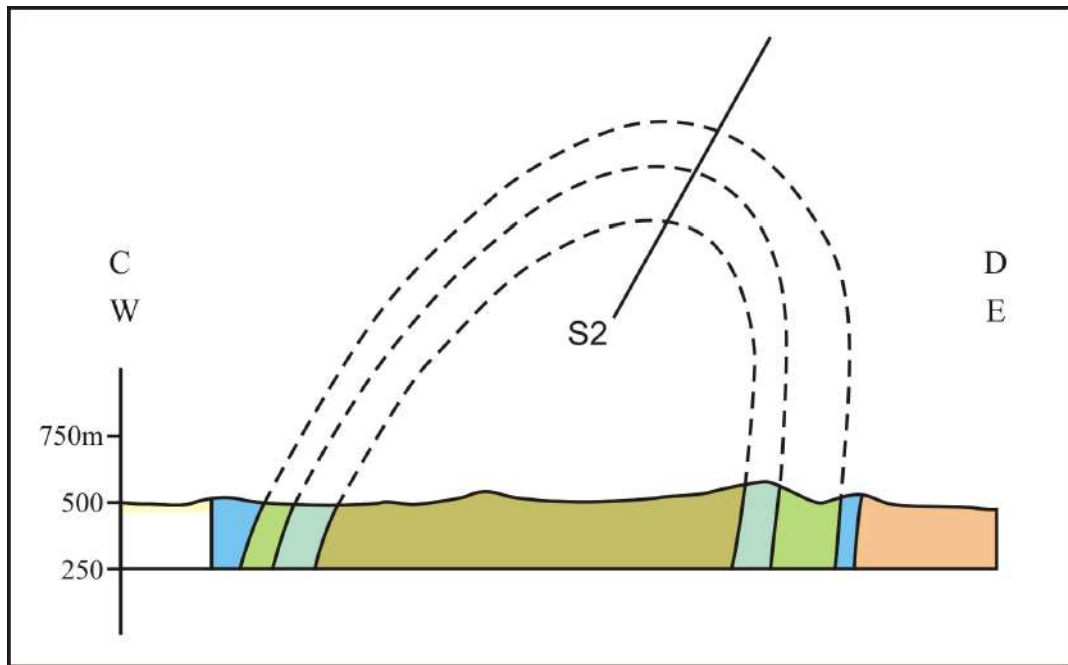


Figura 9. Seção geológica leste-oeste através do domo norte mostrando dobra D2 com discreta vergência para leste.

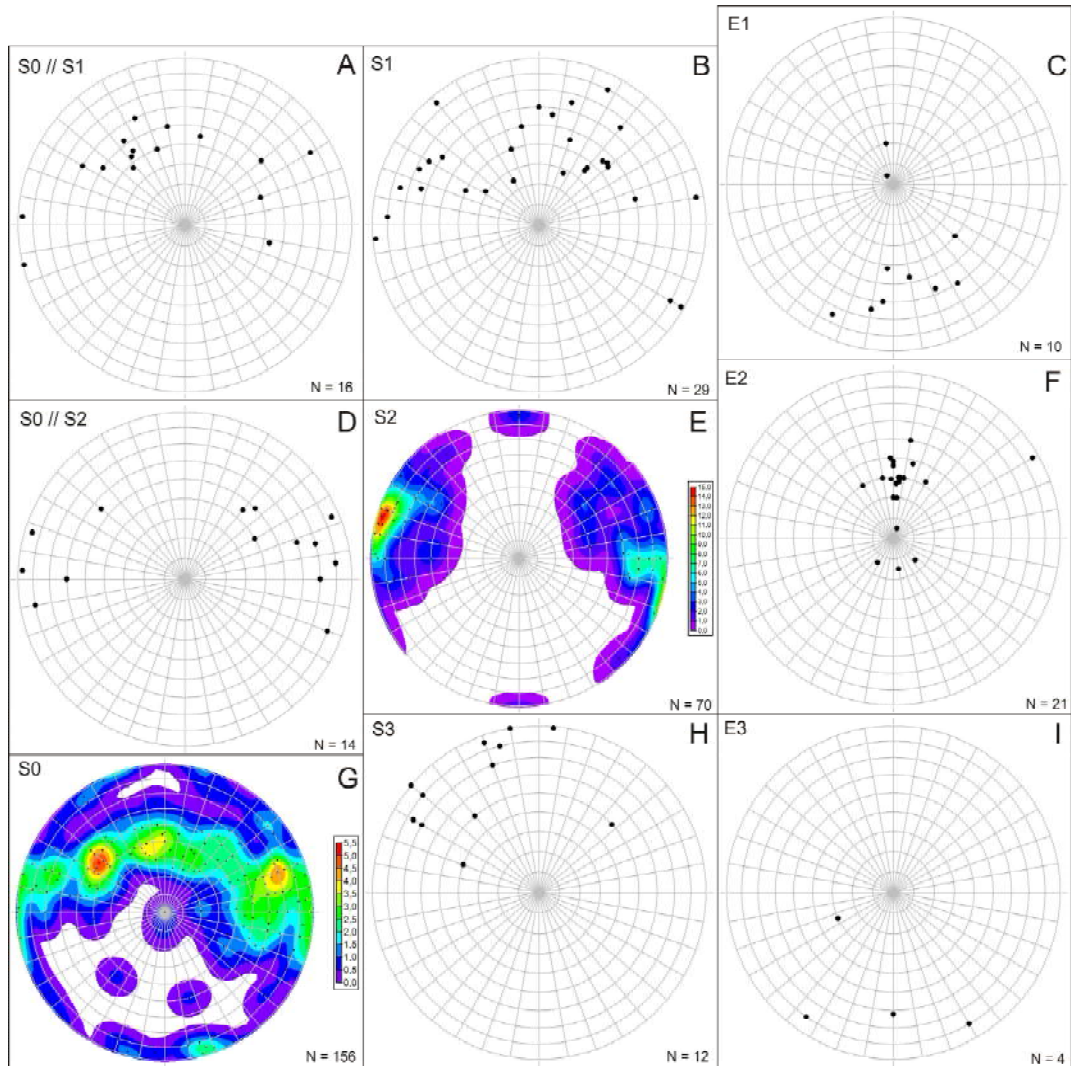


Figura 10. Estereogramas de igual área, com projeção no hemisfério inferior, mostrando: A- pólos de acamamento sedimentar (S0) paralelo a clivagem da fase D1 (S1); B- pólos de S1; C- eixos D1; D- pólos de S0 paralelo a S2; E- pólos de S2; F- eixos D2; G- pólos de S0; H- pólos de S3; I- eixos D3.



Figura 11 A e B. Dobras D1 com plano axial e eixo subverticais devido ao redobramento D2. Unidade 5 na parte nordeste do domo sul.

D2 - Segunda fase de deformação

D2 gerou dobras, simétricas ou com discreta assimetria e vergência para leste (Fig. 8, 9). Dobras D2 são freqüentes desde a escala microscópica até megascópica (Fig. 12). Nas rochas finas S2 geralmente é uma clivagem ardosiana plano axial (Fig. 13) ou de crenulação resultando uma lineação de interseção $S0//S1 \times S2$. Assim como S1, nos ruditos e arenitos grossos S2 é mal desenvolvida, mas pode ocorrer como uma clivagem espaçada. A clivagem S2 tem caimento íngreme para oeste ou para leste e faz um ângulo grande com S0 nas zonas de charneira D2 (Fig. 10D, E). S2 é subparalela ou até mesmo paralela a S0 e S1 nos flancos das dobras D2. Os eixos D2 mostram baixo caimento para sul nos flancos deitados da dobra D1 e chegam a ser verticais nos flancos íngremes D1 (Fig. 8, 9, 12).

D3 - Terceira fase de deformação

Uma terceira fase de deformação gerou, localmente no domo sul, dobras abertas na clivagem S2. Os planos axiais D3 mostram mergulhos íngremes para sudeste e os eixos D3 variam conforme sua posição na dobra D2 (Fig. 10H, I).

3.1.2. Fases de deformação no contexto regional

A primeira fase de deformação, D1, possivelmente relaciona-se ao fechamento da bacia alongada na direção NEE-SWW que abrigou a Sequência Damara. Esta bacia é conhecida na literatura da Namíbia como Calha ou Mar de Khomas (Miller, 1983). Este episódio tectônico provavelmente foi associado à convergência das margens continentais dos paleocontinentes Congo e Kalahari.

As estruturas da fase D2 sugerem que a sua formação resultou de um encurtamento crustal leste-oeste o que pode estar relacionado com a evolução da Faixa Kaoko durante o fechamento do Oceano Adamastor.

A terceira fase de deformação, D3, registra um episódio de encurtamento norte-sul que talvez esteja relacionado a um evento tardio na evolução da Faixa Damara.



Figura 12 A e B. Dobras D2 com plano axial e eixos subverticais em dolomito da unidade 2, no domo sul e da unidade 5 no domo norte.



Figura 13. Clivagem ardosiana em intercalação de dolomitos e siltitos da unidade 1 no domo sul.

3.1.3. Trabalhos prévios

Em escala de detalhe existe um trabalho anterior de Maloof (2000) que reconheceu três eventos deformacionais discretos estudando a clivagem nas rochas finas em escala de afloramento. Segundo o autor a primeira fase de deformação, D1, gerou dobras F1 abertas com vergência para norte e com comprimentos de onda de 5 a 100m. A fase D2 gerou dobras F2 com comprimentos de onda de 0,5 a 2m, apertadas, com clivagem plano axial mergulhando íngreme para oeste. A terceira fase foi observada em dois pontos como dobras F3 abertas com vergência para o norte.

As observações de Maloof (2000), utilizadas por Hoffman e Halverson (2008), são em parte concordantes com a deste trabalho, mas destacamos que existem dobras D1 fechadas até isoclinais de escala quilométrica. D2 também gerou dobras quilométricas, mas com planos axiais íngremes ora para oeste, ora para leste. Maloof (2000) conclui que D1 e D2 refletem o fechamento do Oceano Adamastor e a subsequente orogenia Kaoko e D3 se formou durante a colisão que fechou o Mar de Komats.

3.2. Geologia Sedimentar

3.2.1. Litofácies

Nos Domos Donuts ocorrem debritos, arenitos e pelitos, siliciclásticos e carbonáticos, deformados em fácies xisto verde, zona da biotita. Nos arenitos finos, siltitos e argilitos normalmente ocorre clivagem ardosiana e crenulação o que dificulta o reconhecimento de estruturas primárias. A recristalização nas rochas carbonáticas também mascarou parcialmente feições sedimentares. Nas rochas grossas os atributos primários estão relativamente bem preservados.

3.2.1.1. Litofácies siliciclásticas

Brechas e conglomerados polimíticos

São ruditos clastosuportados compostos por blocos, seixos e com 0 a 10% de matriz de arcoseana. A proporção de fragmentos angulosos e arredondados permite denominar estes debritos ora como brecha, ora como conglomerado.

As camadas têm espessuras variadas entre 20cm até 8m e aparecem separadas por arenitos, pelitos ou dolomitos (Fig. 14). As mais espessas provavelmente são formadas pela amalgamação de camadas. Os contatos basais são superfícies planas ou irregulares com raras evidências de erosão. Os debritos são maciços ou com estrutura gradada definida pela passagem de rochas grossas a finas (Fig. 15) e arenito feldspático.

O caráter lítico é fornecido por fragmentos de rochas carbonáticas, arenitos, granitos, K-feldspato, quartzo de veio e rochas pelíticas (Fig. 16). A maioria dos clastos carbonáticos é de dolomito marrom maciço ou com laminação plano paralela. Ocorrem também fragmentos de rocha carbonática cinza azulada, maciça. Os fragmentos de arenitos são maciços, finos até grossos, feldspáticos ou arcóseos com variável proporção de mica clástica grossa. Os granitos aparecem em seixos e blocos angulosos até arredondados, esses últimos provavelmente uma herança de esfoliação esferoidal na área fonte. São granitos rosados, maciços ou com fraca foliação, finos até grossos, muitos com fenocristais de K-feldspato rosado. Os fenocristais aparecem também como cristaloclastos. Fragmentos angulosos de quartzo de veio e menor proporção de rochas pelíticas maciças ou filíticas completam a petrofácies.



Figura 14 A e B. Bancos de dolomito marrom intercalados em camadas de debritos. Na foto A os contatos irregulares registram compactação mecânica.



Figura 15. Gradação normal em camadas de debritos polimiticos.



Figura 16. Fragmentos de dolomito marrom, arenito, granito e quartzo de veio caracterizando o caráter polimitico do debrito.

Brecha petromítica

Trata-se de uma brecha fina maciça que grada para arcóseo grosso anguloso. A brecha ou debrito é composta por seixos angulosos de k-feldspato rosado, quartzo e menor proporção de granito rosado fino e muscovita e matriz de arcóseo (Fig. 17).

Diamictito maciço

Uma camada de diamictito fino maciço com cerca de 20cm de espessura foi encontrada entre os debritos. A rocha tem matriz de vaque feldspática e fragmentos angulosos dos mesmos tipos de granitos, arenitos e dolomitos que ocorrem nas brechas.

Interpretação dos ruditos

Os debritos, brechas e conglomerados, são interpretados como produtos de fluxos de detritos com baixa proporção de matriz lamosa, ou seja, fluxo de detritos de baixa viscosidade ou não coesivos. A exceção é o corpo de diamictito que contém abundante matriz de vaque, portanto é um fluxo de detritos transicional a coesivo.

A estrutura gradada normal dos debritos, as transições debrito-arenito e as intercalações de arenitos gradados interpretados como turbiditos constituem evidências para deposição subaquosa.

Os fragmentos de granitos e k-feldspato são derivados da erosão de rochas do embasamento que estão expostas ao norte dos Domos Donuts. Os fragmentos de dolomitos, arenitos e pelitos são de origem intrabaciais. São de rochas que ocorrem intercaladas nos debritos e em outras unidades mais basais na Sequência Damara que ocorrem a norte e leste da área dos Domos Donuts.



Figura 17 A e B. Debritos arcoseanos que gradam para arcóseos grossos angulosos como próximo ao martelo.

Arenitos e vaques

Ocorrem arcóseos e arenitos feldspáticos transicionais a vaques além de quartzitos. Os arcóseos são arenitos constituídos por areia grossa a fina, angulosa, cuja composição essencial é quartzo, K-feldspato e muscovita clástica. Ocorrem seixos espalhados de K-feldspato, quartzo e granito fino. A composição reflete a área fonte granítica. Os arenitos feldspáticos são rochas finas constituídas essencialmente por quartzo, feldspatos e mica branca fina, metamórfica. Localmente o aumento da proporção de micas permite classificar essas rochas como vaques. Os acessórios comuns são turmalina e minerais opacos. Biotita ocorre ao longo da clivagem S1 especialmente nos arenitos feldspáticos. Os quartzitos são grossos constituídos essencialmente por quartzo com escassa mica branca e minerais opacos e localmente seixos de dolomitos.

Arcóseos – são rochas moderada a pobremente selecionadas que aparecem em camadas maciças delgadas (1-10cm) até espessas (1m) empilhadas em estratos de espessuras métricas. Gradação normal arcóseo grosso-médio foi observada em camadas associadas a debritos (Fig. 18).

Arenitos feldspáticos – devido à deformação na maioria dos afloramentos estes arenitos se apresentam como filitos. Mesmo assim foi possível reconhecer fácies maciças, gradação normal, laminação plano paralela e microlaminação cruzada. Estas fácies ocorrem em lamina e camadas tabulares delgadas empilhadas em estratos até métricos. Localmente estes arenitos formam lentes delgadas a médias (10-30cm) intercaladas nos debritos polimíticos. A gradação normal é definida pela passagem de arenitos finos para pelitos (siltitos e argilitos). A microlaminação cruzada é uma fácies rara que registra paleocorrente para sudoeste em alguns pontos do domo sul.

Quartzitos e quartzo arenitos – são rochas grossas em camadas maciças, médias até muito espessas, tabulares e com contatos planos ou irregulares devido à deformação. Nos quartzitos basais da unidade 6 ocorrem camadas com seixos de dolomitos espalhados ou formando debritos (Fig. 19).

Interpretação dos arenitos e vaques

Os arcóseos grossos maciços, com seleção moderada a pobre, são interpretados como produtos de fluxos de detritos arenosos com fonte granítica. As fácies gradadas mostram a transformação de fluxos de detritos arenosos em fluxos turbidíticos.

Os arenitos finos maciços podem representar fluxos de detritos arenosos finos e turbiditos. As fácies com gradação normal, laminação plano paralela e microlaminação cruzada podem ser interpretadas como turbidíticas.

Os quartzitos são interpretados como fluxos de detritos arenosos cuja fonte era essencialmente areia quartzosa.

Rochas Pelíticas

As rochas pelíticas são siltitos e argilitos, a maioria filíticos. Os siltitos contem quartzo e abundante mica fina branca e esverdeada. Os argilitos são constituídos essencialmente de mica branca fina. Os acessórios comuns são minerais opacos e turmalina. Em algumas rochas ocorre biotita ao longo da clivagem S1.

Os pelitos ocorrem em laminas e camadas tabulares delgadas, a maioria maciças, formando estratos com espessuras desde centimétricas até dezenas de metros. Ocorrem também no topo de alguns ciclos arenito-pelito. No domo norte estes pelitos localmente contem fragmentos isolados de granitos, arenitos e dolomitos (Fig. 20).

Interpretação dos pelitos

As rochas pelíticas representam em parte turbiditos finos (gradação silito-argilito), em parte sedimentação hemipelágica. Os clastos isolados têm sido interpretados como seixos pingados, porem não foram observadas evidencias de glaciação na área.



Figura 18. Gradação normal em camadas de arcóseo.



Figura 19. Fragmentos de dolomito em quartzito na base da unidade 6.



Figura 20 A e B. Fragmentos isolados de arenito em sucessão de siltitos, e na foto B, seixo isolado de granito em pelito fíltico. Unidade 4, domo norte.

3.2.1.2. Litofácies carbonáticas

As rochas carbonáticas são brechas, calcáreos cinzentos e dolomitos, a maioria de cor creme e outros amarronzados ou negros. Ocorrem também olistolitos e olistostromas carbonáticos. Estas rochas foram transformadas em mármore durante a deformação e metamorfismo.

Brecha carbonática - um corpo lenticular de brecha carbonática (rudstone), com cerca de 5 metros de espessura e 50 metros de extensão ocorre intercalado no mármore de topo da sucessão dos Domos Donuts. A brecha é constituída de blocos e seixos angulosos de rocha carbonática cinzenta e dolomito marrom, maciços ou com laminação plano paralela (Fig. 21). A escassa matriz é composta de areia grossa carbonática.

Calcáreos e dolomitos – são calciarenitos (grainstones) grossos até finos, às vezes seixosos e calcipelitos (mudstones). Ocorrem oólitos, gretas de ressecamento (Fig. 22) e estromatólitos colunares (Fig. 23). Os biostromas de estromatólitos rosados associados com calciarenitos oolíticos foram interpretados como do tipo *Tungussia* por Maloof (2000) e Hoffman e Halverson (2008).

Os calciarenitos formam camadas tabulares delgadas até muito espessas (>1m) empilhadas em estratos com até centenas de metros de espessura. Ocorrem também intercaladas nas fácies siliciclásticas. Normalmente são rochas maciças, mas ocorrem fácies com laminação plano paralela e estrutura gradada normal. Localmente foi possível reconhecer ciclos arenito-pelito compostos por calciarenitos grossos seixosos que passam a finos e estes a calcipelitos (Fig. 24). Nestes ciclos os calciarenitos são constituídos de oólitos muitas vezes silicificados. Os calcipelitos também são maciços ou com laminação plano paralela.

Os estromatólitos e gretas de ressecamento aparecem isolados em corpos lenticulares de carbonatos maciços ou com estratificação tabular quase não reconhecível. Nestes corpos ocorrem também fácies de calciarenitos oolíticos maciços e gradados. Estas lentes alcançam até centenas de metros de espessura formando unidades mapeáveis na escala 1.25.000 (Fig. 6 e anexo 1).

Interpretação das rochas carbonáticas

As brechas carbonáticas registram fluxos de detritos carbonáticos no sopé de taludes íngremes tais como escarpas de falha e limites instáveis de plataformas carbonáticas. Os calciaarenitos maciços podem ser interpretados como fluxos de detritos arenosos e os gradados como turbiditos Tad. Os calciaarenitos e calcipelitos laminados podem representar cauda fina dos fluxos gravitacionais ou a sedimentação carbonática hemipelágica ou pelágica.

Os corpos lenticulares com estromatólitos, oólitos e gretas de ressecamento podem ser interpretados como fácies plataformais introduzidas no ambiente de mar profundo por deslizamentos e escorregamentos. Trata-se de olistolitos e olistostromas.



Figura 21. Fragmentos de calcáreo cinzento e dolomito marrom formando debrito interpretado como fluxo de detritos carbonático.

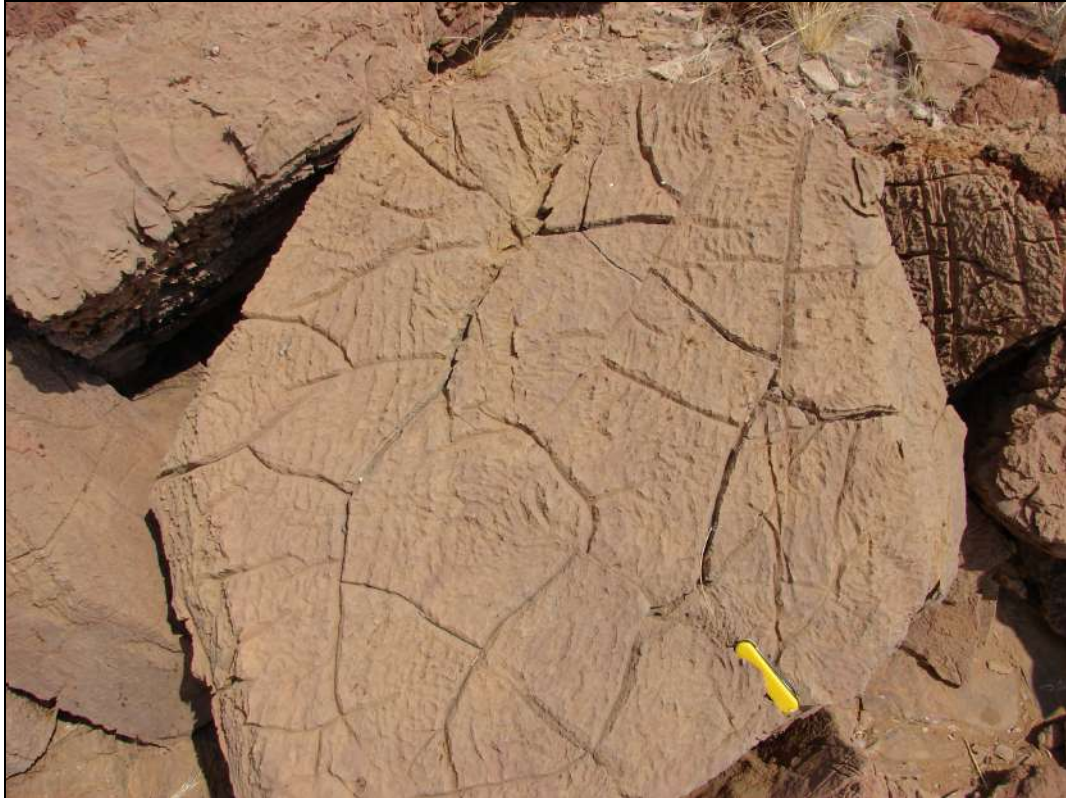


Figura 22. Gretas de ressecamento em bloco de dolomito pelítico creme.



Figura 23. Estromatólitos colunares formando biostroma em dolomitos.



Figura 24. Ciclos arenito-pelito compostos por grainstone oolítico e mudstone de cor creme, interpretados como turbiditos carbonáticos.

3.3. Estratigrafia

Nos Domos Donuts ocorrem sete unidades sedimentares neoproterozóicas deformadas em fácies xisto verde, zona da biotita. Cinco unidades compõem os domos e outras duas sobrepõem-se em contato de empurrão. Estas unidades são mapeáveis em escala 1:25.000 e portanto podem ser consideradas formações (Fig. 6 e anexo 1). Foram feitos perfis estratigráficos colunares para ajudar e ilustrar a interpretação das unidades, três desses perfis aparecem nos anexos 2, 3 e 4 e sua localização na figura 6 e anexo 1.

3.3.1. Unidade 1

Aflora no núcleo dos Domos Donuts sem base exposta e com espessura mínima de 130m medidos em perfil detalhado (Fig. 25 e anexo 2). Esta unidade é composta por duas associações de fácies, uma dominada por debritos polimíticos e outra por arenitos feldspáticos, ambas com intercalações de dolomitos e pelitos. Estas associações são separadas por um corpo de arcóseo com dezenas de metros de espessura (Anexos 2, 3).

Na associação de fácies 1 ocorrem ciclos métricos constituído por debritos e pares debrito-arenito interrompidos por bancos de dolomitos (Fig. 14). Estes ciclos registram fluxos de detritos seixosos que passam a arenosos, ambos com escassa matriz lamosa. Os ciclos com perfil grano e estrato decrescente para o topo parecem registrar a progressiva diminuição do suprimento de detritos grossos durante um único episódio de fluxo de massa.

A associação de fácies 2 é formada por arenitos feldspáticos filíticos e bancos de dolomitos, maciços ou laminados. Inclui também camadas isoladas de pelitos. Os arenitos parecem representar turbiditos finos, os dolomitos podem ser interpretados em parte como turbiditos finos em parte como depósito hemipelágico. Os pelitos registram decantação de hemipelágicos.

Os espessos bancos de arcóseo (Anexo 2, 3) também são interpretados como registro de fluxos de detritos arenosos com uma fonte granítica dominante.

Estas associações de litofácies representam a alternância de episódios de sedimentação catastrófica (associação 1 e bancos de arcóseo) e sedimentação normal de talude ou mar profundo (associação 2). Os pares debrito-arenito registram fluxos gravitacionais subaquosos. Os arenitos, pelitos e dolomitos representam à sedimentação turbidítica fina e hemipelágica, ora siliciclástica, ora carbonática.



Figura 25. Localização do perfil estratigráfico do anexo 2. Unidade 1 no canto sudeste do domo norte (Fig. 6 e anexo 1).

3.3.2. Unidades 2 e 3

Estas unidades, predominantemente carbonáticas, em conjunto alcançam espessuras entre 125 e 375m, inferidas com dados de campo e das seções geológicas.

A unidade 2 é um espesso pacote de dolomito de cor creme em camadas delgadas até espessas, maciças ou com laminação plano paralela. Nestes dolomitos ocorrem intercalações de sucessões mistas compostas de camadas delgadas de dolomitos, arenitos e pelitos (Fig. 26 e anexo 2, 3, 4).

A unidade 3 forma lentes com até cerca de 150m de espessura, intercalada na unidade 2 (Fig. 27 e anexo 4). Estas lentes são compostas por dolomitos maciços, dolomitos oolíticos maciços ou gradados (Fig. 24), dolomitos pelíticos com gretas de ressecamento (Fig. 22) e dolomitos com estromatólitos colunares centimétricos (Fig. 23). Estas fácies aparecem com distribuição irregular. O acamamento nesta unidade 3 é mal definido. Observa-se paredes com dezenas de metros de espessura de rochas maciças (Fig. 28) formando lentes (Fig. 29) e truncando sucessões estratificadas da unidade 2 (Fig. 30).

Os dolomitos da unidade 2 são interpretados como debritos arenosos e turbiditos, ambos carbonáticos. As intercalações de pares arenito-pelito siliciclásticos constituem níveis de turbiditos. As intercalações que compõem a unidade 3 são interpretadas como olistolitos e olistostromas como mencionado na caracterização das litofácies. No entanto, como esta unidade contém estromatólitos e oólitos a sucessão dos Domos Donuts foi em parte interpretada como de água rasa por diversos autores, entre eles Hoffman e Halverson (2008).



Figura 26. Camadas delgadas de dolomito marrom, arenitos finos, siltitos e argilitos formando sucessão mista intercalada em dolomitos da unidade 2. Ponto 49, anexo 6, 7.

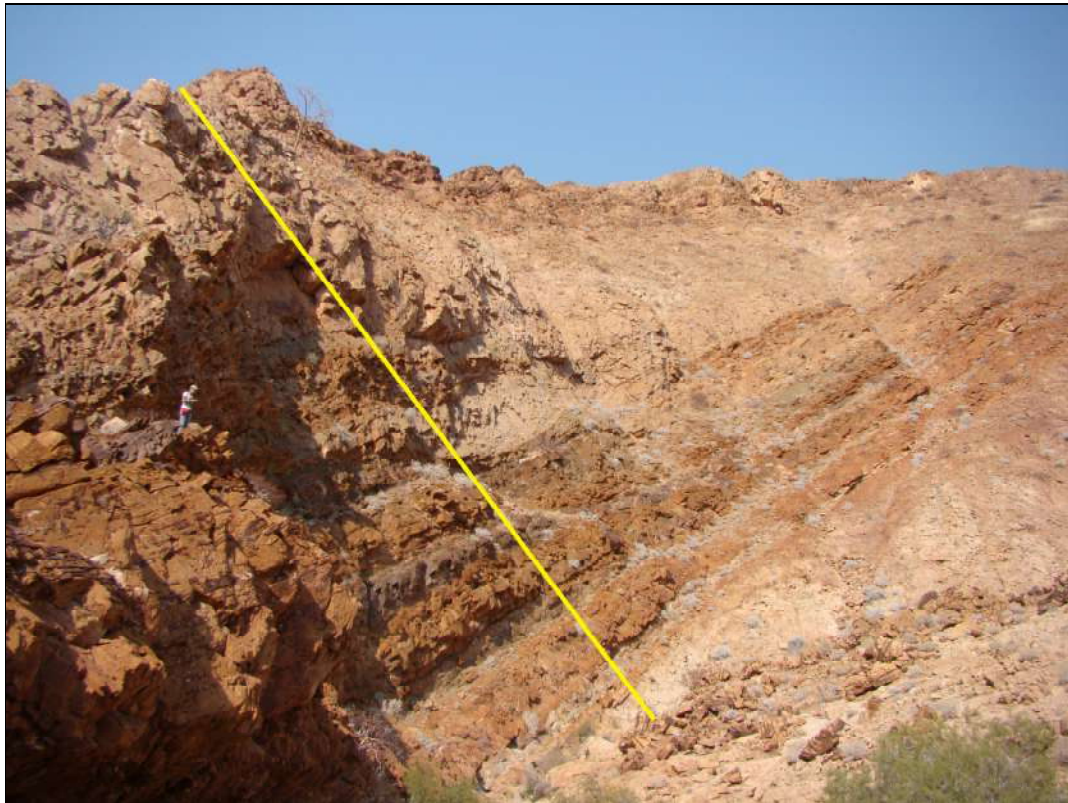


Figura 27. Sucessão mista da unidade 2 entre dolomitos da unidade 3. A linha amarela corresponde as duas primeiras colunas no anexo 4. Ponto 173, anexo 6, 7.

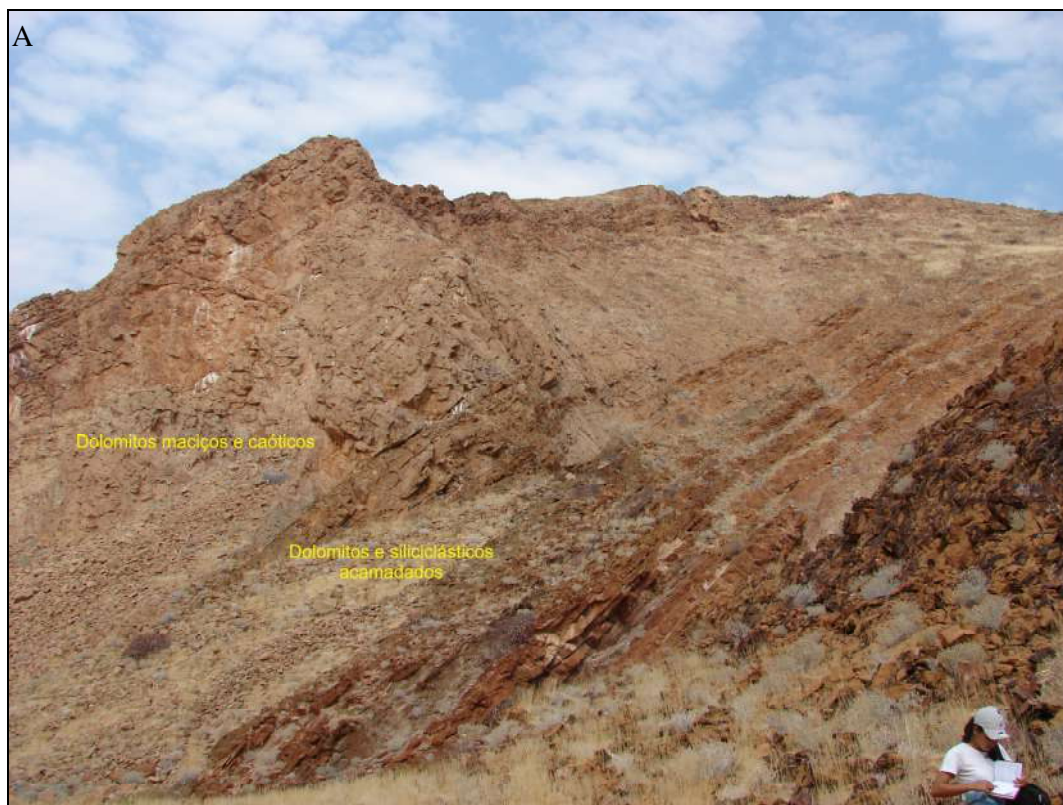


Figura 28 A e B. Paredão de dolomito da unidade 3 sobre dolomito estratificado da sucessão mista da unidade 2. No detalhe (B) o contato entre as unidades maciça e estratificada. Ponto 161, anexo 6, 7.



Figura 29. Lente de dolomito maciço, interpretada como olistolito intercalado em sucessão mista carbonática-siliciclástica. Área do ponto 161, anexo 6, 7.



Figura 30. Sucessão mista carbonática-siliciclástica da unidade 2 intercalada e truncada por dolomitos da unidade 3. Área do ponto 161, anexo 6, 7.

3.3.3. Unidade 4

Com cerca de 250m de espessura é composta, essencialmente, por siltitos e argilitos filíticos (Anexo 3, 4). Nestas rochas pelíticas aparecem intercalações de arcóseos, arenitos feldspático, dolomitos e seixos isolados de granitos, arenitos e dolomitos (Fig. 20).

A unidade 4 pode ser interpretada como uma sucessão de depósitos finos em ambiente de baixa energia. A associação com as outras unidades permite ainda supor um ambiente de mar profundo. Os pelitos e dolomitos devem representar depósitos hemipelágicos e talvez pelágicos (dolomitos). Os arenitos gradados e parte dos pelitos (siltitos que passam a argilitos) registram episódios de deposição turbidítica.

Os seixos isolados que ocorrem nos pelitos têm sido interpretados como de origem glacial, ou seja, como seixos pingados. No entanto, não ocorrem na área dos Domos Donuts, e regionalmente, as típicas evidências de glaciação como pavimentos estriados e os clássicos seixos estriados e em forma de ferro de engomar. Por tal razão, os blocos e seixos isolados podem ser interpretados como detritos solitários deixados durante a passagem de fluxos de gravitacionais com extraclastos sobre as fácies finas. Seixos solitários também podem ter sua origem relacionada ao rolamento gravitacional talude abaixo de fragmentos maiores que foram deixados em encostas instáveis também durante a passagem de fluxos gravitacionais (Leppard e Gawthorpe, 2006; Eyles e Januszczak, 2007). Em um ambiente tectonicamente ativo, como durante a abertura da calha de Komats, deve ser comum esse tipo de processo deposicional.

3.3.4. Unidade 5

É um pacote de cerca de 150m de espessura formado pelo empilhamento de camadas tabulares de até cerca de 1m de espessura de dolomitos maciços ou gradados que cobre concordantemente a sucessão pelítica da unidade 4 (Fig. 31 e anexo 3 e 4). A estrutura gradada é definida pela passagem de dolomitos com seixos finos ou dolomitos areníticos grossos para dolomitos finos. Em diversas camadas os seixos, grânulos e areia grossa são de quartzo e parecem ter sua origem na silicificação de material carbonático, possivelmente oólitos. Nesta unidade, localmente, ocorrem também estratos lenticulares com até 5m de espessura de brecha carbonática maciça (Fig. 21). Os depósitos desta unidade podem ser interpretados como turbiditos carbonáticos e hemipelágicos. As brechas maciças devem representar fluxos de detritos carbonáticos.

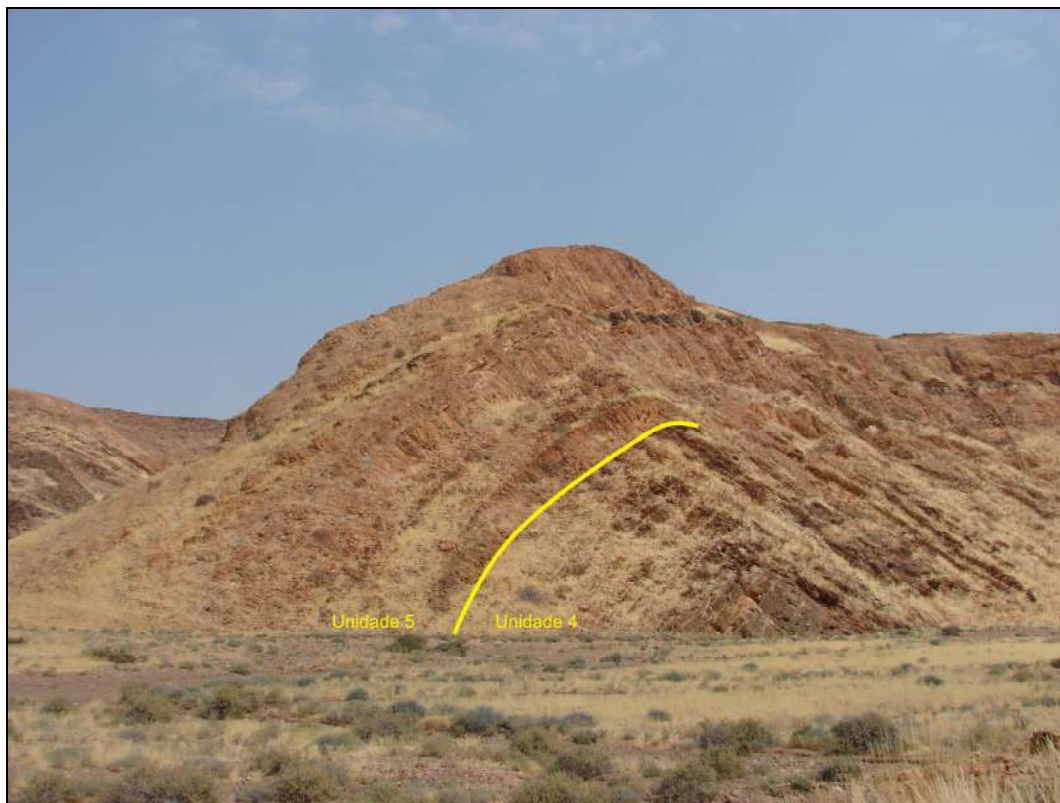


Figura 31. Dolomitos da unidade 5 em contato concordante sobre sucessão de pelitos, arenitos e dolomitos da unidade 4, no ponto 45 (anexo 6, 7), domo sul.

3.3.5. Unidades 6 e 7

Quartzitos formam a unidade 6 (Anexo 3, 4) e arenitos feldspáticos e pelitos filíticos a unidade 7, ambas da Formação Brak River. Elas truncam as unidades dos domos (Fig. 6, anexo 1) formando pontos tríplices que caracterizam um empurrão.

A unidade 6 é constituída por quartzitos maciços grossos em camadas tabulares amalgamadas em estratos métricos. Seixos de dolomito ocorrem especialmente na base da unidade (Fig. 19). Sobre estes quartzitos ocorre um espesso pacote de arenitos feldspáticos finos, siltitos e argilitos, todos filíticos que constituem a unidade 7. Bancos de dolomito de espessuras no máximo métricas ocorrem intercalados nas duas unidades.

As camadas de quartzitos da unidade 6 são interpretadas como o registro de fluxos de detritos quartzo arenosos, na base com seixos de dolomitos provavelmente derivados das intercalações de bancos dolomíticos ou de unidades carbonáticas inferiores como a Formação Brandberg West (Fig. 4). A sucessão da unidade 7 representa depósitos turbidíticos finos.

3.4. Paleoambientes

As características das litofácies e associações de litofácies, tanto siliciclásticas quanto carbonáticas, como a freqüente gradação normal e ciclos debrito-arenito e arenito-pelito, permitem interpretar as unidades dos Domos Donuts como depósitos de fluxos gravitacionais, provavelmente em águas profundas. Os debritos registram fluxos de detritos e muitos dos pares arenito-pelito podem ser interpretados como turbiditos clássicos (Walker, 1992). Em áreas adjacentes aos domos unidades correlatas e similares (cf. 3.5 e fig. 4) também podem ser interpretadas como depósitos de fluxos gravitacionais.

Os fragmentos dos debritos, exceto os graníticos, são de rochas das próprias unidades, são intraclastos. A abundância de intraclastos de arenitos e dolomitos e a escassez de contatos erosivos sugerem erosão em canyons e escarpas de falhas e não erosão do fundo da bacia com a passagem de correntes e fluxos gravitacionais. Os feldspatos frescos e angulosos e a baixa proporção de argilas sugerem um clima seco durante a produção dos sedimentos na área fonte e pouco transporte tracional.

Provavelmente durante a abertura da bacia os falhamentos criaram escarpas e desestabilizaram taludes provocando erosão e abundância de fluxos gravitacionais. Com o abatimento de blocos a subida do nível relativo do mar, nos períodos inter tectônicos, permitiu a instalação de plataformas carbonáticas. A recorrência dos falhamentos provocou erosão dessas plataformas dando origem aos fluxos gravitacionais carbonáticos. Deslizamentos e escorregamentos geraram os olistolitos e olistostromas.

O conjunto de dados permite supor um sistema submarino associado à falhamentos durante uma fase de rifteamento que evoluiu para uma bacia de margem continental intraplaca ou passiva, como interpretado por diversos autores, entre eles Miller (1983) e Porada (1989).

3.5. Correlações estratigráficas

As unidades dos Domos Donuts podem ser correlacionadas com outras a norte e leste expostas nas áreas de Twijlfontein, Tucons, Goantagab e Lower Ugab como mostram as figuras 4, 5 e anexo 5.

Uma correlação local pode ser feita com a estratigrafia utilizada por Maloof (2000), que parcialmente concorda com a de Hoffman e Halverson (2008), conforme mostra a figura 32.

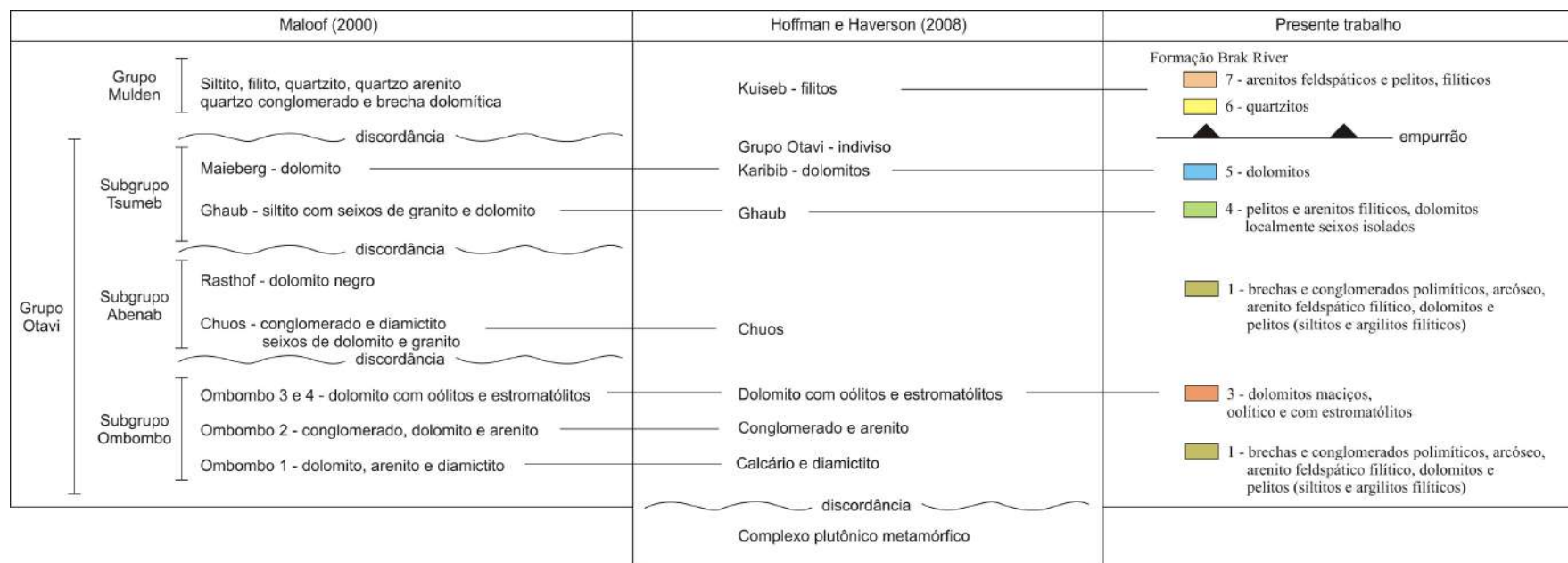


Figura 32. Correlação entre unidades estratigráficas e de mapeamento deste trabalho com a estratigrafia utilizada por Maloof (2000) e Hoffman e Haverson (2008) para os Domos Donuts. Os números na coluna “Presente trabalho” correspondem às unidades mapeadas nos Domos Donuts.

Os principais conflitos com as outras duas colunas estratigráficas relacionam-se a unidade 1, que correlaciona-se aos subgrupos Ombombo e Abenab, e a unidade 2 que não está presente nas outras colunas. No mapa regional (Fig. 4) também é mostrado que o Grupo Mulden assenta em discordância sobre a Formação Gemsbok/Karibib e sobre a Formação Amis/Kuiseb, portanto não pode ser correlacionado a Formação Brak River, que ocupa uma posição inferior. Será necessário um conhecimento muito maior da história da geologia da Namíbia para adaptar a estratigrafia do presente trabalho e do mapa regional à nomenclatura consagrada para as unidades neoproterozóicas na região de Damaraland.

4. DIQUES DE DIABÁSIO

Foram encontrados cinco diques de diabásio afanítico maciço, cinza escuro a quase negro, esverdeado quando alterado (Fig. 33). Constituem corpos subverticais, com espessuras variando de 6m (ponto 35) até 1m (ponto 204, anexo 6, 7), às vezes com fácies muito fina de margem resfriada. Nos pontos 85 e 204 os diques têm orientação quase norte-sul, com rumo em torno de 355-175. Os outros três diques, nos pontos 35, 139 e 152, têm rumo nordeste-sudoeste em torno de 60-240. Apresentam fraturas subhorizontais perpendiculares e subverticais paralelas ao rumo dos corpos.



Figura 33. Dique de diabásio NE-SW/subvertical com cores esverdeadas de alteração e fraturas subhorizontais e subverticais. Ponto 35, parte leste do domo norte.

5. ROCHAS E SEDIMENTOS FANEROZÓICOS

O registro Fanerozóico na área dos Domos Donuts é representado por rochas da Bacia Etendeka e sedimentos aluviais, fluviais e depósitos de talus neógenos.

A Bacia Etendeka é representada a oeste dos Domos Donuts (Fig. 6, 34) por três formações do Cretáceo: Etjo, Awahab e Tafelberg. A Formação Etjo é constituída por arenitos eólicos cronocorrelatos aos da Formação Botucatu na Bacia do Paraná. As outras duas formações correspondem a lavas basálticas que derramaram sobre o deserto Etjo e, são correlatas dos basaltos da Formação Serra Geral, também na Bacia do Paraná (Mountney & Howell, 2000; Jerram *et al.*, 1999; Mountney *et al.*, 1998).

Os sedimentos aluviais são constituídos por blocos e seixos angulosos em uma matriz areno-siltosa, sendo a maioria dos fragmentos derivados das sucessões da Bacia Etendeka (Fig. 35). Os sedimentos fluviais são areno-cascalhosos e argilosos de lago abandonado, de rios efêmeros entrelaçados (Fig. 36, 37). Os depósitos de talus recentes são comuns nas encostas íngremes dos Domos Donuts (Fig. 38).



Figura 34. Unidades da Bacia Etendeka vistas da parte oeste do domo norte.



Figura 35. Leque aluvial recente sendo a área fonte as rochas da Bacia Etendeka. Vista para oeste do domo norte.



Figura 36. Rio entrelaçado efêmero no vale que separa os domos norte e sul. Imagem do Google Earth fornecida pela Mainz University.



Figura 37. Gretas de ressecamento em lama de canal abandonado do Rio Huab. Parte leste dos Domos Donuts.



Figura 38. Depósito de talus em encosta carbonática na parte norte do domo sul.

6. CONCLUSÕES

Nos Domos Donuts aflora uma sucessão metassedimentar Neoproterozóica, com cerca de 1500m de espessura, que faz parte da Sequência Damara.

Os domos norte e sul foram formados pela interferência de duas fases de deformação que produziram um padrão de redobramento similar ao tipo domos e bacias, porém com um eixo maior norte-sul gerando uma forma elíptica. A primeira fase de deformação está registrada por dobras assimétricas com comprimentos de onda quilométricos e vergência para norte, a qual se associa uma clivagem ardosiana plano axial, contemporânea ao metamorfismo de fácies xisto verde com biotita. A atitude dos planos axiais é variada e os eixos mostram desde baixo caimento para sul até posições verticais devido ao redobramento pela segunda fase de deformação. Esta é representada por dobras simétricas, ou com leve assimetria para leste, também com comprimentos de onda quilométricos. O plano axial tem caimento íngreme ora para oeste, ora para leste. Os eixos mostram baixo caimento para sul nos flancos deitados da dobra da primeira fase e chegam a ser verticais nos flancos íngremes. Uma terceira fase, cujo registro foi observado em apenas dois pontos, produziu dobras abertas com planos axiais íngremes para sudeste e eixos variados conforme sua posição nas estruturas anteriores. Pontos tríplexes e truncamentos de camadas evidenciam uma falha de empurrão provavelmente associada à primeira fase de deformação.

Apesar da deformação que produziu recristalização, novos minerais e modificou as espessuras originais das camadas, o acamamento e muitas estruturas sedimentares ainda estão preservados, permitindo o reconhecimento da estratigrafia e de prováveis paleoambientes deposicionais. As principais litofácies são debritos, turbiditos clássicos e pelitos, siliciclásticos e carbonáticos. Elas constituem cinco unidades estratigráficas com status de formação, sendo duas siliciclásticas e três carbonáticas. Estas unidades são interpretadas como representantes de depósitos de talude e leque submarino proximal com intercalações de fácies hemipelágicas e pelágicas. Uma das unidades carbonáticas contém fácies de águas rasas com estromatólitos e oólitos e foi interpretada como olistolito e olistostroma, gerados por deslizamento e escorregamento desde uma plataforma carbonática. A alternância de unidades siliciclásticas e carbonáticas de águas profundas deve refletir períodos de intenso falhamento durante a abertura de bacia, o que gerou abatimento de blocos e mar alto relativo com formação de plataformas carbonáticas. Empurradas sobre as unidades dos domos ocorrem outras duas unidades siliciclásticas interpretadas como depósitos de leque médio a distal.

Os principais conflitos na correlação das unidades dos Domos Donuts com as formações clássicas da Sequência Damara se devem à presença de fácies semelhantes em

diversos níveis estratigráficos locais e regionais. Um estudo detalhado baseado nos dados de campo, bibliografia e no mapa do Projeto Namíbia pode ajudar a unificar os conceitos estratigráficos e paleoambientais aplicados às sucessões neoproterozóicas na região de Damaraland.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Eyles, N. and Januszczak, N., 2007. Syntectonic subaqueous mass flows of the Neoproterozoic Otavi Group, Namibia: where is the evidence of global glaciation? *Basin Research* 19, 179–198
- Hoffman, P.F., Halverson, G.P., 2008. Otavi Group of the western Northern Platform, the Eastern Kaoko Zone and the western Northern Margin Zone. In: Miller, R. McG. Ed. *The Geology of Namibia V2-13, Neoproterozoic to Lower Paleozoic*, Geological Survey of Namibia, 69-136.
- Hoffmann, K.-H., Richards D.L., Schreiber, U.M., 2004. Geological map of Namibia, 1:250000 Geological Series, Sheet 2014 – Fransfontein (provisional). Ministry of Mines and Energy, Geological Survey of Namibia.
- Jerram, D.A., Mountney, N., Holzförster, F., Stollhofen, H., 1999. Internal stratigraphic relationships in the Etendeka Group in the Huab Basin, NW Namibia. *Journal of Geodynamics* 28, 393-418.
- Leppard, C.W., Gawthorpe, R.L., 2006. Sedimentology of rift climax deep water systems; Lower Rudeis Formation, Hammam Faraun Fault Block, Suez Rift, Egypt. *Sedimentary Geology* 191, 67-87.
- Maloof, A.C. 2000. Superposed folding at the junction of the inland and coastal belts, Damara Orogen, NW Namibia. *Communications of the Geological Survey of Namibia* 12, 89-98.
- Miller, R.McG., 1983. The Pan-African Damara Orogen of South Africa/Namibia. In: Miller, R.McG. (Ed.), *Evolution of the Damara Orogen of South West Africa/Namibia*, Special Publication of the Geological Society of South Africa 11, 431–515.
- Mountney, N., Howell, J., 2000. Aeolian architecture, bedform climbing and preservation space in the Cretaceous Etjo Formation, NW Namibia. *Sedimentology* 47, 825-849.
- Mountney, N., Howell, J., Flinth, S., Jerram, D.A., 1998. Aeolian and alluvial deposition within the Mesozoic Etjo Sandstone Formation, northwest Namibia. *Journal of African Earth Science* 27, 175-192.
- Ramsay, J.G. 1967. *Folding and fracturing of rocks*. McGraw-Hill Book Company, New York, 560p.

- Paciullo, F. V. P. ; Ribeiro, A. ; Trouw, R. A. J. ; Passchier, C. W. 2007 . Facies and facies association of the siliciclastic Brak River and carbonate Gemsbok formations in the Lower Ugab River valley, Namibia, W Africa. *Journal of African Earth Sciences* 47, 121-134.
- Porada, H., 1989. Pan-African rifting and orogenesis in southern to equatorial Africa and eastern Brazil. *Precambrian Research* 44, 103–136.
- Walker, R.G., 1992. Turbidites and Submarine Fans. In: Walker, R.G., James, N.P. (Eds.), *Facies Models. Response to Sea Level Change*. Geological Association of Canada, Berlin, 239–263.

ANEXOS

Anexo 1. Mapa Geológico dos Domos Donuts, Sequência Damara, Damaraland, Namíbia.

Anexo 2. Perfil estratigráfico 1 – sudeste do domo norte.

Anexo 3. Perfil estratigráfico 2 – oeste do domo sul.

Anexo 4. Perfil estratigráfico 3 – leste do domo sul.

Anexo 5. Tabela de correlação estratigráfica das unidades dos Domos Donuts com outras a norte e leste expostas nas áreas de Twijlfontein, Tucons, Goantagab e Lower Ugab. Localização das áreas na figura 4.

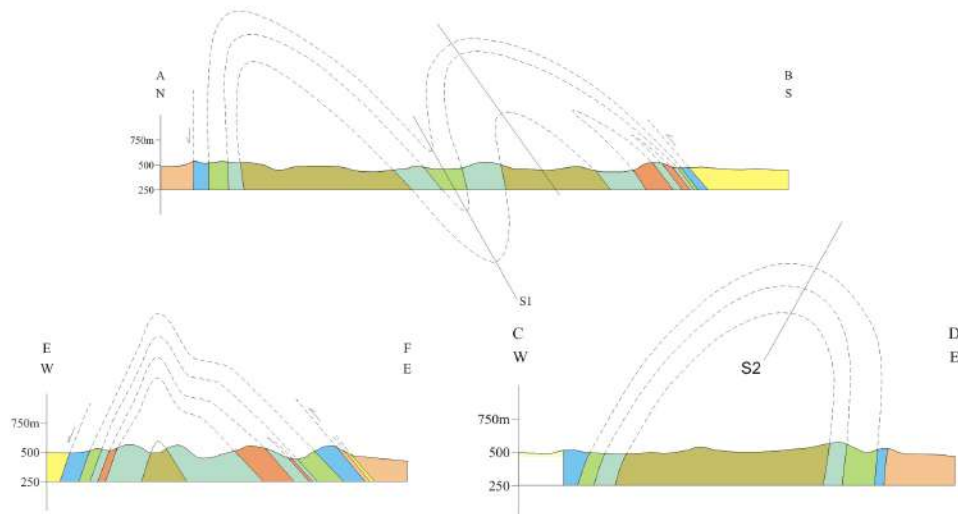
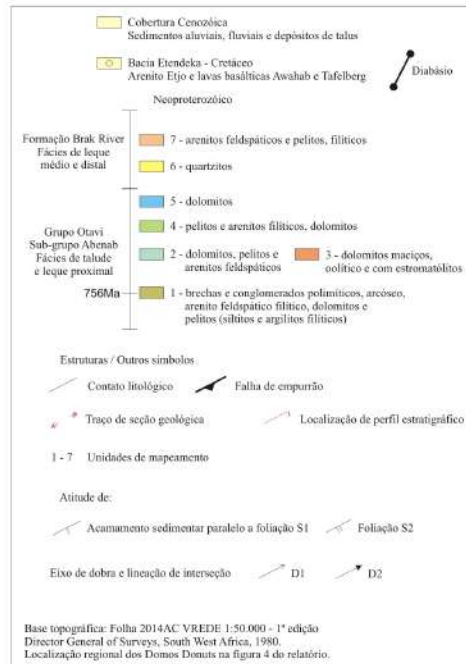
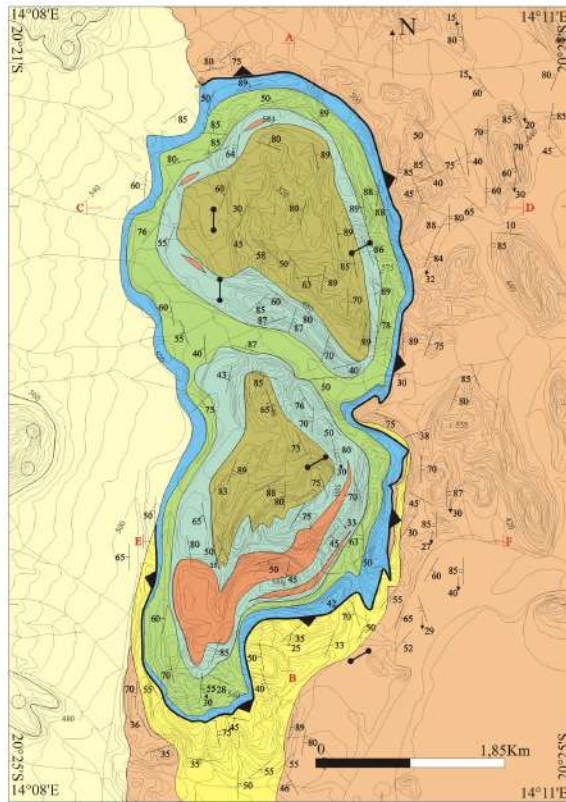
Anexo 6. Mapa de pontos dos Domos Donuts.

Anexo 7. Tabela de pontos com coordenadas em grau-minuto decimal usando o datum Schwarzeck, tipos de rocha e sua unidade e medidas de S0 - acamamento sedimentar e foliações S1 - da primeira, S2 - da segunda, S3 - da terceira fase de deformação, E corresponde aos eixos de dobras das três fases de deformação. Devido a densidade de medidas as atitudes dos pontos em negrito não foram plotadas no mapa.

Mapa Geológico dos Domos Donuts, Sequência Damara, Damaraland, Namíbia

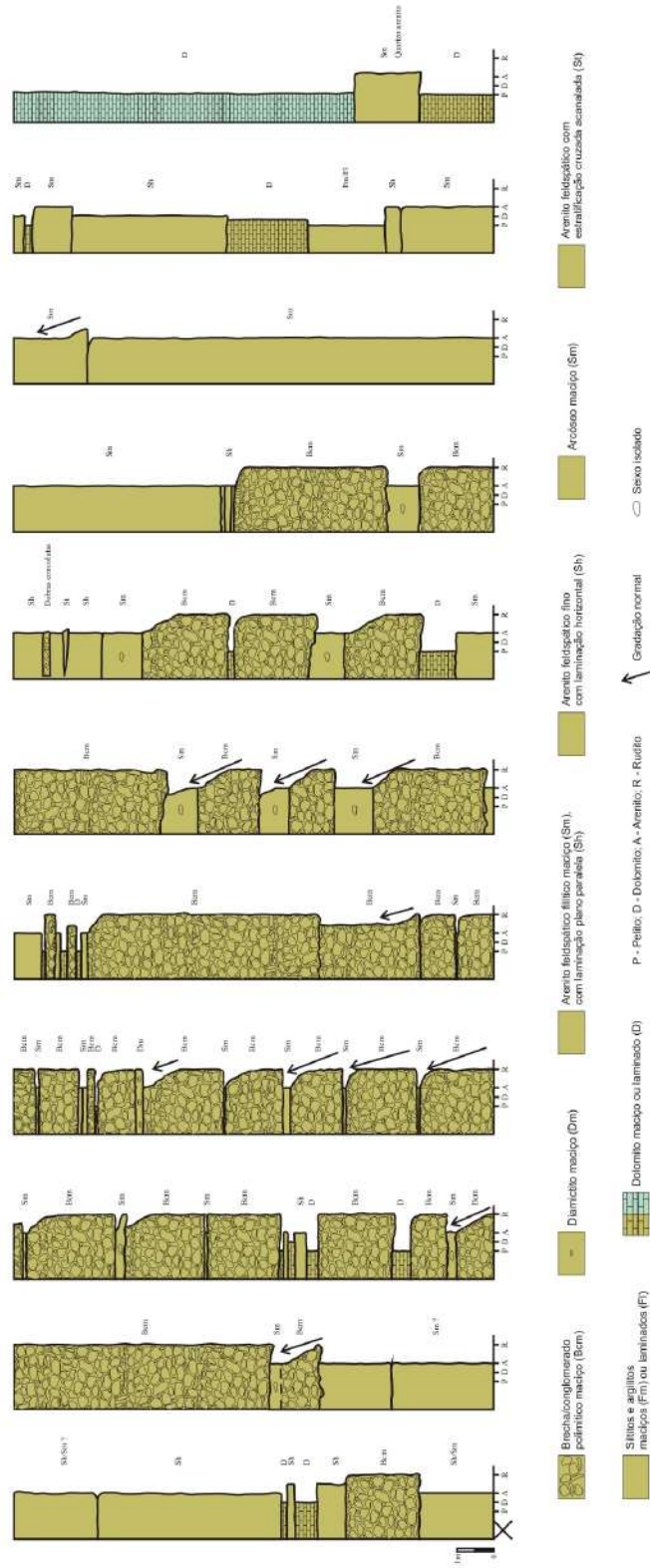
Débora Barros Nascimento

Anexo 1
Trabalho de Conclusão de Curso - 2010
Departamento de Geologia - IGEO/UFRRJ



Perfil estratigráfico 1 - sudeste do domo norte

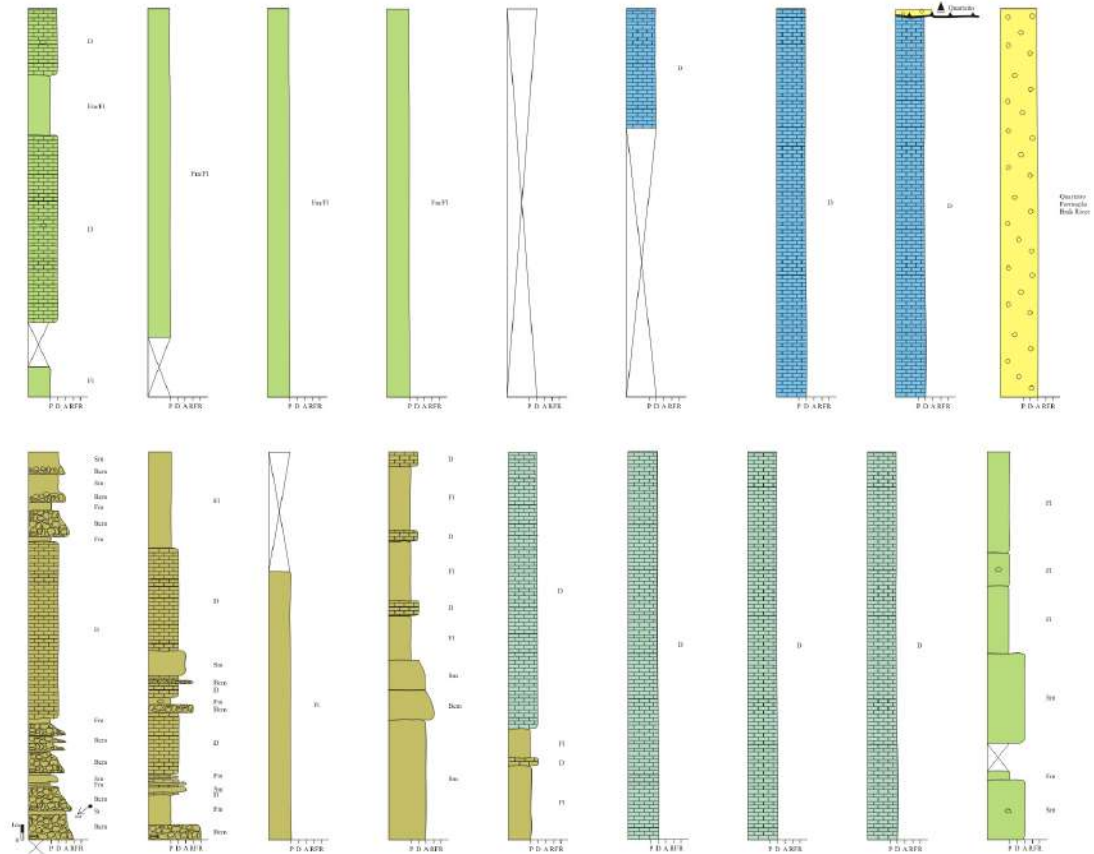
Débora Barros Nascimento
 Anexo 2
 Trabalho de Conclusão de Curso - 2010
 Departamento de Geologia - IGEO/UFRJ



Localização do perfil no mapa geológico, figura 6 e anexo 1. As cores correspondem as unidades no mapa.

Perfil estratigráfico 2 - oeste do domo sul

Débora Barros Nascimento
 Anexo 3
 Trabalho de Conclusão de Curso - 2010
 Departamento de Geologia - IGEO/UFRJ



- Brecha/conglomerado fino polimítico maciço (Bcm)
- Arenito feldspático com estratificação cruzada acanalada (St)
- Dolomito maciço ou laminado (D)
- Siltitos e argilitos maciços (Fm) ou laminados (FI)
- Arcóseo maciço (Sm)
- Quartzito

P - Pelito; D - Dolomito; A - Arenito; RF - Rudito fino; R - Rudito Seixo isolado Paleocorrente

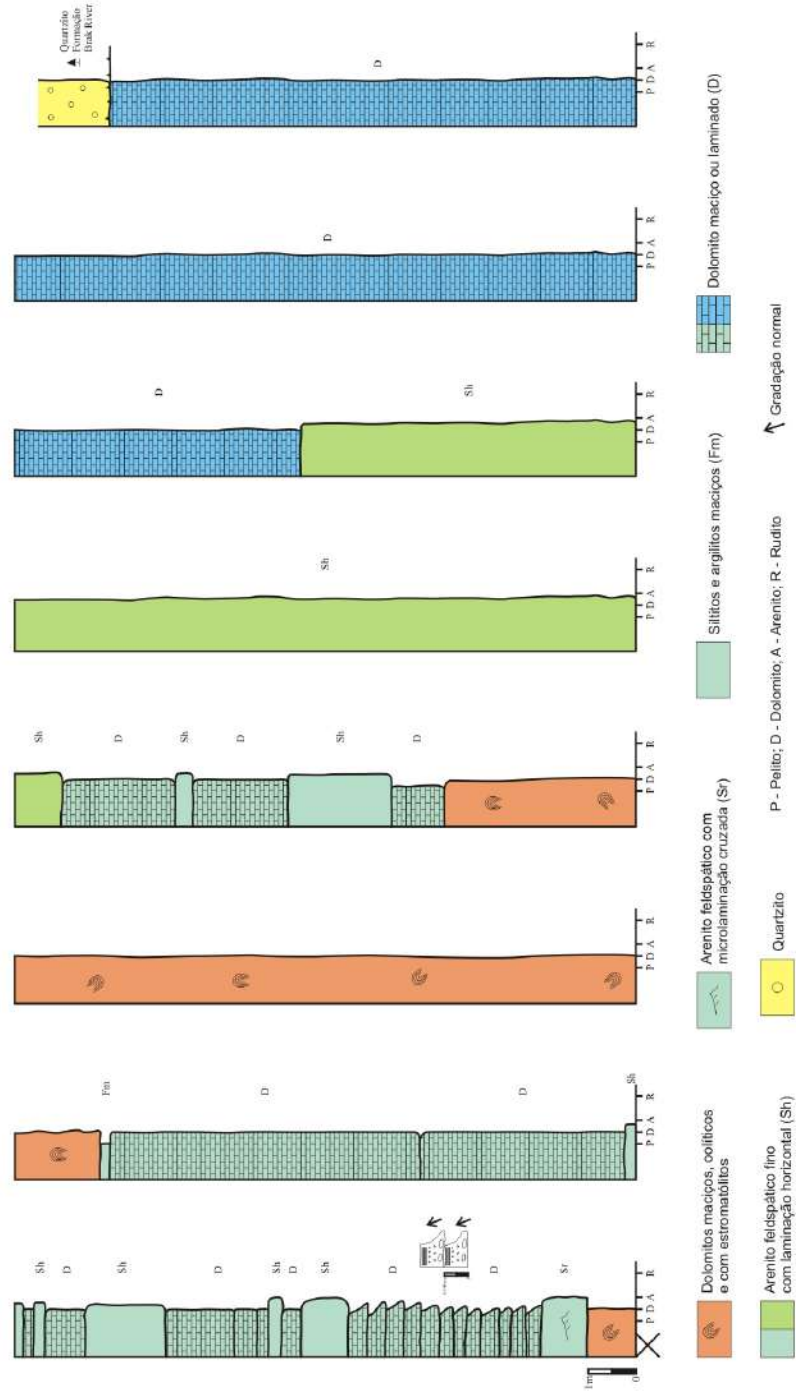
Localização do perfil no mapa geológico, figura 6 e anexo 1. As cores correspondem as unidades no mapa.

Perfil estratigráfico 3 - leste do domo sul

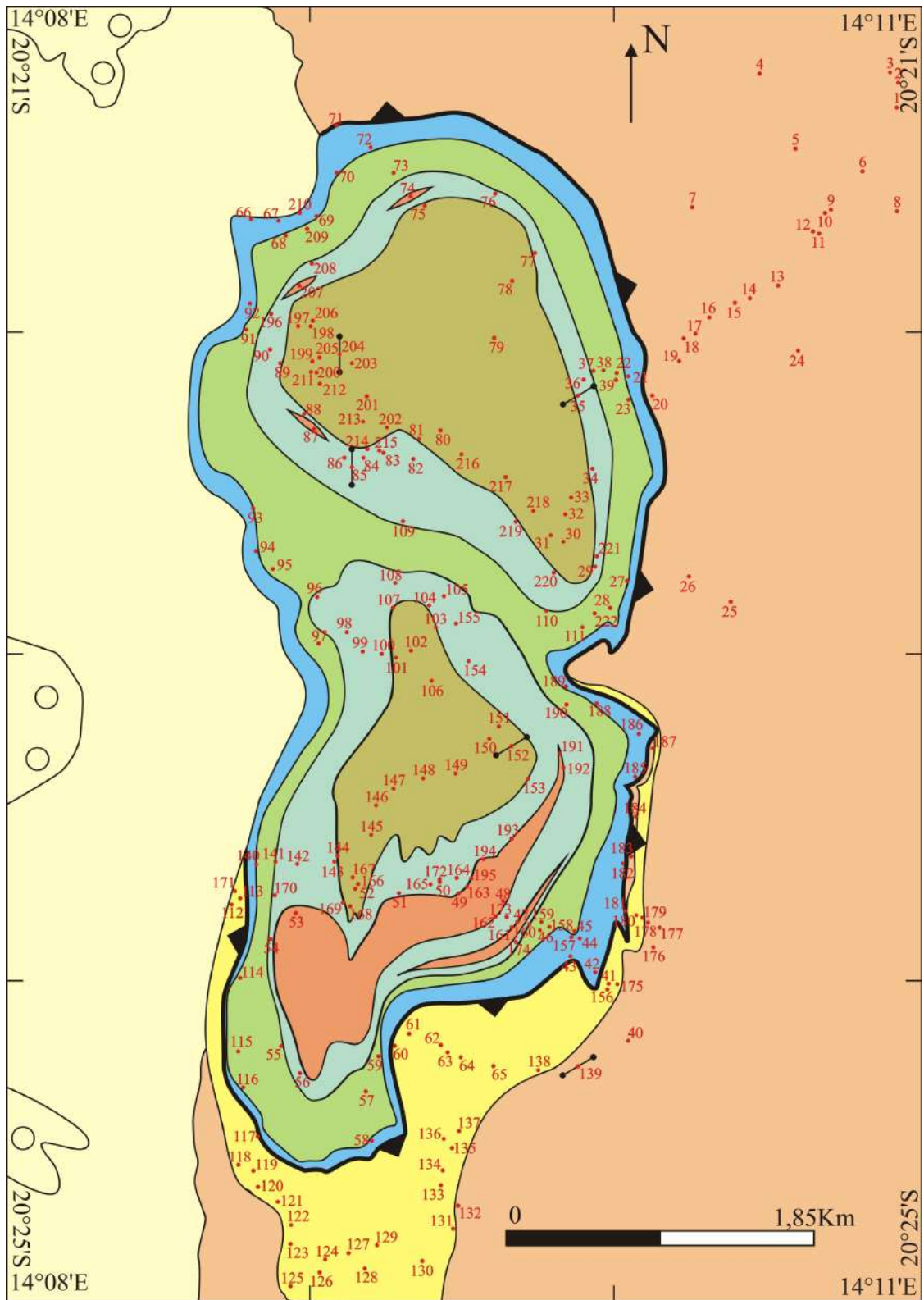
Débora Barros Nascimento

Anexo 4

Trabalho de Conclusão de Curso - 2010
Departamento de Geologia - IGEO/UFRJ



Localização do perfil no mapa geológico, figura 6 e anexo 1. As cores correspondem as unidades no mapa.



Anexo 6. Mapa de pontos nos Domos Donuts.

Débora Barros Nascimento - Trabalho de Conclusão de Curso – 2010
 Departamento de Geologia - IGEO/UFRJ

Ponto	Longitude	Latitude	Rocha	Unidade	S0/S1		S0/S2		S0		S1		E1		S2		E2		S3		E3	
1	20°21.381	14°11.342	Dolomito	7			290	80														
2	20°11.16	14°11.160	Debritos	7			240	40														
3	20°21.205	14°10.979	Dolomito	7			220	45														
4	20°21.263	14°10.489	Filito	7			264	80							264	80	350	15	160	85	245	60
5	20°21.474	14°10.617	Filito	7											230	60	315	15	160	70	150	10
6	20°21.545	14°10.858	Filito	7															130	80	215	10
7	20°21.643	14°10.268	Dolomito	7			225	50														
8	20°21.656	14°10.947	Filito	7							230	45			100	85			165	80		
9	20°21.645	14°10.749	Filito	7			247	85									180	20	185	89		
10	20°21.662	14°10.733	Filito	7			255	70														
11	20°21.700	14°10.684	Arenito	7			252	60									185	30				
12	20°21.721	14°10.674	Brecha	7			270	70														
13	20°21.800	14°10.572	Filito	7			90	60														
14	20°21.922	14°10.462	Arenito	7					85	40					250	75						
15	20°21.924	14°10.431	Arenito	7					0	0	220	65			90	80			170	90		
16	20°21.966	14°10.325	Arenito	7					155	40					242	85						
17	20°22.008	14°10.289	Arenito	7					246	45					100	85						
18	20°22.026	14°10.241	Arenito	7					280	82	300	88										
19	20°22.109	14°10.221	Arenito	7					275	83					110	84	220	32				
20	20°22.203	14°10.127	Arenito	7					286	80				322	85							
21	20°22.159	14°10.048	Dolomito	5					270	89					118	52						
22	20°22.140	14°10.005	Arenito	4					255	88					278	88			130	90		
23	20°22.192	14°10.079	Arenito	4					234	80												
24	20°22.055	14°10.641	Arenito	7					5	10					90	85						
25	20°22.852	14°10.398	Arenito	7					250	85					112	80						
26	20°22.763	14°10.269	Arenito	7					110	75									110	40		

131	20°24.754	14°09.472	Arenito	6				130	55				240	46						
132	20°24.681	14°09.480	Filito	7				100	80	150	25		180	85						
133	20°24.613	14°09.436	Arenito	6				110	70											
134	20°24.573	14°09.439	Arenito	6				100	89											
135	20°24.498	14°09.463	Arenito	6				250	70				230	45						
136	20°24.483	14°09.446	Arenito	6				260	75											
137	20°24.454	14°09.497	Arenito	6				265	80				250	40						
138	20°24.265	14°09.748	Arenito	6				110	33											
139	20°24.253	14°09.904	Diabásio																	
140	20°23.679	14°08.823	Dolomito x filito	5 x 4				273	50											
141	20°23.660	14°08.912	Filito x dolomito	4 x 2																
142	20°23.664	14°08.959	Dolomito	2																
143	20°23.654	14°09.073	Dolomito	2				260	65											
144	20°23.640	14°09.099	Dolomito x debritos	2 x 1				260	50											
145	20°23.564	14°09.190	Debritos	1				110	85											
146	20°23.478	14°09.223	Filito	1				130	83				110	89						
147	20°23.428	14°09.266	Filito	1				145	80				270	70						
148	20°23.382	14°09.377	Filito	1				155	88	115	40		275	80						
149	20°23.375	14°09.500	Filito	1						187	56							227	50	
150	20°23.277	14°09.593	Arenito e dolomito	1				250	60											
Ponto	Longitude	Latitude	Rocha	Unidade	S0/S1		S0/S2	S0		S1		E1	S2		E2		S3		E3	
151	20°23.258	14°09.617	Dolomito e debritos	1				245	73	255	50									
152	20°23.293	14°09.687	Debritos e diabásio	1				220	50											
153	20°23.392	14°09.737	Debritos x dolomito	1 x 2				250	75	160	40									
154	20°23.023	14°09.529	Filito	2	240	76							275	70						
155	20°22.925	14°09.490	Filito	2				246	70				280	65						
156	20°24.046	14°09.943	Arenito	6				120	50				220	75						

157	20°23.896	14°09.884	Dolomito	5					140	42					260	60	180	36				
158	20°23.855	14°09.789	Filito	4	145	45											186	28				
159	20°23.851	14°09.765	Filito	4	138	38									104	88	185	20				
160	20°23.861	14°09.739	Dolomito x filito	2 x 4					130	42	122	31			292	88	200	5				
161	20°23.861	14°09.657	Dolomitos	2 x 3					100	55												
162	20°23.825	14°09.646	Dolomitos	2 x 3					102	45												
163	20°23.741	14°09.504	Dolomitos	2 x 3					150	38					125	54	190	50				
164	20°23.709	14°09.474	Filito	2					160	50												
165	20°23.726	14°09.436	Filito	2					190	56	170	50	130	50	130	60						
166	20°23.746	14°09.136	Debritos	1					254	60					100	45						
167	20°23.716	14°09.120	Debritos	1					270	72												
168	20°23.793	14°09.118	Dolomito	1					264	50					80	65						
169	20°23.797	14°09.091	Dolomito	2																		
170	20°23.784	14°08.887	Dolomito	2			80	80														
171	20°23.778	14°08.776	Arenito	6					270	65												
172	20°23.718	14°09.487	Arenito	2	170	50																
173	20°23.820	14°09.619	Arenito	2					130	40												
174	20°23.865	14°09.733	Dolomito	2					123	46					120	70						
175	20°24.012	14°10.003	Arenito	6					110	65					251	80	178	29				
176	20°23.938	14°10.116	Filito	7	125	50									107	78	195	38				
177	20°23.871	14°10.131	Filito	7	120	60									270	85	180	40				
178	20°23.846	14°10.109	Filito	7							115	68	184	48			33	14				
179	20°23.833	14°10.095	Arenito	6					110	65			185	30	260	40						
180	20°23.808	14°10.078	Arenito	6	93	87	93	87														
Ponto	Longitude	Latitude	Rocha	Unidade	S0/S1		S0/S2	S0		S1		E1		S2		E2		S3		E3		
181	20°23.770	14°10.023	Dolomito x arenito	5 x 6					135	50							187	30				
182	20°23.621	14°10.028	Dolomito	5					100	70												
183	20°23.589	14°10.041	Filito	7					122	30					270	85	183	27				

184	20°23.467	14°10.042	Filito	7					210	45	220	37			92	87	182	30				
185	20°23.380	14°10.061	Dolomito	5					215	28					267	60			120	70	180	28
186	20°23.232	14°10.035	Dolomito	5					160	38												
187	20°23.261	14°10.041	Filito	7					90	70	125	60	170	43								
188	20°23.148	14°09.908	Dolomito	5					220	30												
189	20°23.097	14°09.835	Dolomito	5					200	75												
190	20°23.151	14°09.854	Filito	4	230	50									80	80	170	30				
191	20°23.242	14°09.824	Dolomito	3																		
192	20°23.326	14°09.815	Dolomitos	2 x 3					250	70					120	60						
193	20°23.563	14°09.636	Dolomitos	2 x 3					120	75												
194	20°23.640	14°09.573	Dolomitos	2	155	60																
195	20°23.707	14°09.523	Dolomitos	2 x 3					120	60					100	70						
196	20°21.949	14°08.888	Dolomito	2					300	38												
197	20°21.960	14°08.952	Filito e dolomito	1					280	68					255	60						
198	20°21.988	14°09.002	Dolomito	1					290	60					270	77						
199	20°22.094	14°09.016	Debritos	1																		
200	20°22.134	14°09.028	Debritos	1					268	20												
201	20°22.201	14°09.200	Debritos	1					230	45												
202	20°22.304	14°09.277	Debritos	1					206	37					114	80						
203	20°22.105	14°09.130	Debritos	1					294	30					114	70						
204	20°22.077	14°09.100	Diabásio																			
205	20°22.079	14°09.055	Debritos	1					265	35												
206	20°21.979	14°09.022	Debritos	1					306	45												
207	20°21.886	14°08.958	Dolomito	3																		
208	20°21.797	14°09.009	Dolomito	2			107	85														
209	20°21.691	14°08.996	Filito	4					343	85					278	64						
210	20°21.646	14°08.962	Dolomito	5					145	85							240	86				

Ponto	Longitude	Latitude	Rocha	Unidade	S0/S1		S0/S2		S0		S1		E1		S2		E2		S3		E3	
211	20°22.134	14°09.026	Debritos	1					260	20												
212	20°22.175	14°09.058	Debritos	1					190	25					104	85						
213	20°22.293	14°09.186	Debritos	1					170	30					180	87						
214	20°22.344	14°09.218	Filito	2	160	40									115	80						
215	20°22.396	14°09.243	Filito	2					180	40					125	88	180	38				
216	20°22.403	14°09.506	Debritos	1					175	63					100	89						
217	20°22.477	14°09.639	Debritos	1					210	80					110	80						
218	20°22.580	14°09.743	Debritos	1					225	77					125	87						
219	20°22.617	14°09.704	Dolomito	2					230	80					107	87						
220	20°22.753	14°09.844	Dolomito	2					165	40					108	70						
221	20°22.722	14°09.923	Dolomito	2					102	78												
222	20°22.908	14°09.944	Filito	4	144	52									123	70						