

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
CPRM- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

RELATÓRIO DE VIAGEM AO EXTERIOR

NAMÍBIA, ÁFRICA



EXCURSÃO DE CAMPO E COLETA DE AMOSTRAS
CORRELAÇÃO GEOLÓGICA BRASIL - NAMÍBIA

Marcell Leonard Besser (Matrícula 72.744.041)

DGM- 2016

1.0 Introdução

Este relatório refere-se a viagem ao exterior realizada pelo Pesquisador em Geociências Marcell Leonard Besser lotado na Residência de Fortaleza (REFO) do Serviço Geológico do Brasil/CPRM. O país de destino foi a Namíbia (Windhoek como capital), localizada no sudoeste da África (Figura 1). A viagem ocorreu no período entre 14 de agosto e 04 de setembro de 2016 e foi custeada pelo próprio pesquisador, com “ônus limitado” para a CPRM conforme memorando 082/2016-ASSUNI de 24/08/2016.

O alvo da viagem foi o Grupo Etendeka, cujas rochas vulcânicas são correlatas às da Formação Serra Geral (Grupo São Bento) da Bacia do Paraná. No idioma nativo himba a palavra Etendeka significa “lugar das montanhas de topo plano”, referindo-se ao relevo escalonado e de topo plano característico dessas rochas vulcânicas.



Figura 1: A Namíbia no contexto da África Austral. O Deserto do Namib desenvolve-se no oeste do país entre o mar e os planaltos interiores e configura-se por uma região montanhosa e um mar de dunas.

2.0 Objetivos da viagem e equipe

No âmbito científico e acadêmico, o objetivo principal da viagem foi o reconhecimento das rochas vulcânicas da contraparte africana da LIP (*Large Igneous Province*) Paraná-Etendeka. A familiarização de pesquisadores brasileiros com as unidades geológicas africanas correlatas às brasileiras é de grande importância para os

avanços no entendimento das grandes províncias ígneas e geodinâmica da ruptura do Gondwana e abertura do Atlântico Sul.

Ainda no âmbito científico, a viagem tinha como objetivo a coleta de amostras sabidamente correlatas da sequência ignimbrítica do Grupo Etendeka para trabalho de correlação entre unidades litológicas descritas no Brasil como sendo de origem lávica.

No âmbito institucional, a viagem tinha como objetivo criar vínculos com pesquisadores estrangeiros.

O reconhecimento das rochas de Etendeka e região se deu por meio de uma excursão de campo guiada pelo pesquisador Dr. Dougal Jerram da Universidade de Oslo e diretor da DougalEARTH Ltd. A excursão teve o acompanhamento do professor Dr. Ansgar Wanke, chefe do Departamento de Geologia da Universidade da Namíbia (UNAM). Participaram também dois pesquisadores noruegueses, Ellen Eckhoff Planke e Sverre Planke da *Volcanic Basin Petroleum Research*, dois geólogos e estudantes de mestrado namibianos, Lohmeier Lionel Eiseb e Keron Rosinha-c Domingo da empresa *TriStone Africa*, geólogo Ralph Julian Muyamba do Serviço Geológico da Namíbia e geólogo Ben Hayes, estudante de pós-doutorado britânico da Universidade de Witwatersrand. Dois geólogos brasileiros, Pedro Henrique Vogt Silveira e Mariane Dornas Martins (CPRM) acompanharam a excursão e ajudaram o pesquisador Marcell Leonard Besser na logística e execução da viagem.

3.0 Descrição e análise dos assuntos tratados (programa e locais visitados)

A viagem se dividiu em duas partes. Primeiramente, os três geólogos brasileiros acompanharam a excursão guiada pelo Dr. Dougal Jerram através das *freelands* ou terras livres do Deserto do Namib, onde se descortinam magníficos afloramentos rochosos tanto dos cinturões metamórficos como das bacias e coberturas vulcânicas, correlatos às rochas da costa e planaltos sul brasileiros (Figura 4). Na segunda parte, após receberem o treinamento de como percorrer as trilhas nas *freelands*, o pesquisador Marcell Besser e seus colegas brasileiros coletaram amostras rochosas do platô de Grootberg no NE do platô de Etendeka e visitaram o mar de dunas do Deserto do Namib a SW de Windhoek.

3.1 Programa de viagem (logística ao se percorrer a Namíbia)

Quando se percorre as terras ermas da Namíbia nunca se deve estar desacompanhado, pelo contrário, deve-se seguir em pelo menos dois veículos 4x4 bastante equipados. Em Windhoek, capital do país, é possível alugar veículos próprios para percorrer essas áreas, dotados de barracas de teto, sacos de dormir, cutelaria, bomba de ar portáteis para os pneus, kit de primeiros socorros, gás de cozinha, cadeiras e mesa. Leva-se também lenha, fósforos, tambores com água (a equipe tinha 5 tambores de 20 L) e caixas de comida em quantidade suficiente para os dias de expedição (Figura 2). As condições meteorológicas estavam ideais durante a viagem. A temperatura variou de 0°C durante a madrugada nas regiões mais secas e elevadas até 30°C durante o dia nas terras mais baixas.



Figura 2: Acampamento selvagens (*wildcamping*) de Brandberg (sup. esquerda), Awahab (sup. direita) e Huab River (inferiores), com detalhe das barracas de teto (*rooftents*) e mantimentos carregados.

3.2 Brandberg Mountain

Brandberg é a montanha mais alta da Namíbia, com seu pico, o Königstein, assomando a 2573 m de altitude. Compreende uma intrusão predominantemente granítica datada em aproximadamente 132 a 130 Ma. Essa datação posiciona temporalmente o maciço de Brandberg no mesmo período do episódio vulcânico Paraná-Etendeka. Nota-se que nos flancos da montanha, pouco acima da planície desértica, encontram-se camadas preservadas de rochas sedimentares da bacia Karoo e rochas vulcânicas do Grupo Etendeka. Ambas as camadas encontram-se com leve mergulho para o interior da intrusão, possivelmente indicando alguma subsidência termal após sua cristalização (Figura 3).

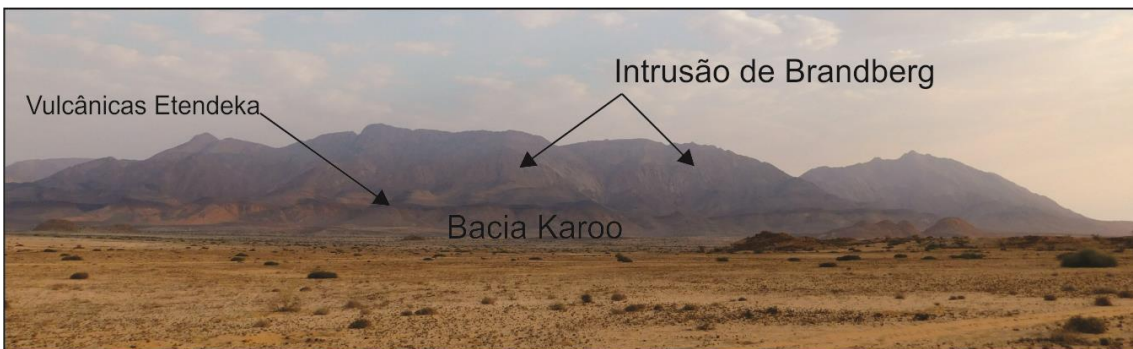


Figura 3: Vista da Montanha de Brandberg (largura cerca de 25 km).

3.3 Goboboseb Mountains e Messum Crater

Há uma importante feição circular no relevo atual chamada de Cratera de Messum, a qual fora outrora o centro de extravasamento das lavas e fluxos piroclásticos que construíram as primeiras unidades de natureza ácida do Grupo Etendeka. As rochas intrusivas no interior dessa cratera possuem correlação geoquímica com as rochas extrusivas das unidades ácidas denominadas da Formação Awahab (Goboboseb I e II), atualmente aflorantes tanto nas redondezas da cratera como mais a norte, no platô principal de Etendeka e nos *outliers* de Huab (Figura 4 e Figura 5).



Figura 4: Em amarelo as rotas realizadas durante as atividades de campo principais no oeste e noroeste da Namíbia.

3.4 Huab Outliers¹ – Awahab Succession

Nessa região montanhosa separada do platô principal de Etendeka pelo vale do rio Huab foi descrita pelos pioneiros a primeira seção-tipo das unidades vulcânicas inferiores do Grupo Etendeka, a Formação Awahab (Figura 5).

¹ *Outliers* – refere-se a um conjunto de rochas em camadas que visto em planta, exibe as unidades mais antigas nas bordas e as mais novas no centro. Assemelha-se a um morro testemunho. Neste caso, Huab Outliers compreendem morros testemunhos do platô principal de Etendeka separados deste pelo vale do rio Huab.

No trajeto até Awahab observou-se as rochas metamórficas dobradas do cinturão Damara (Figura 6) e algumas unidades sobrepostas ao embasamento, estas, da Bacia Karoo expostas de forma concentrada na Bacia Huab. Os limites da Formação Doros são correlatos aos limites da Formação Rio do Rasto da Bacia do Paraná (Figura 6). Uma série de soleiras de diabásio estão claramente expostas mostrando relações de contato com os arenitos sotopostos à sequência vulcânica (Figura 6).

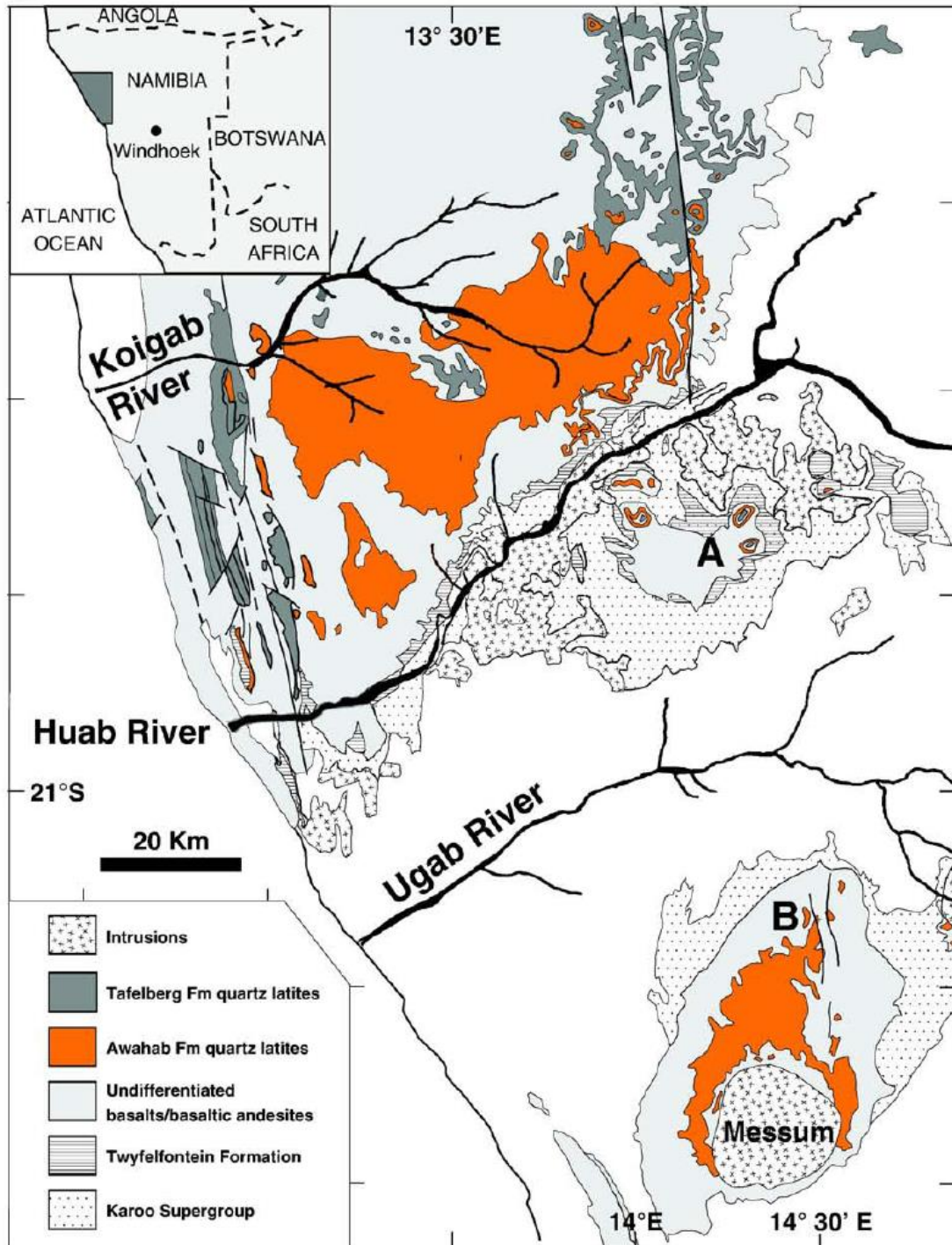


Figura 5: Mapa geológico simplificado do Grupo Etendeka. Bryan et al. (2010).

Na base da seção descrita em Awahab se encontram arenitos da Formação Twyfelfontein, correlatos aos arenitos da Formação Botucatu da Bacia do Paraná,

ambos apresentando estratificações cruzadas de grande porte, registro de dunas eólicas gigantesas jurássicas e eocretáceas (Figura 6). Estratigraficamente acima dos arenitos são descritos os primeiros derrames basálticos, do tipo Tafelkop, com olivina. Estes basaltos não são descritos na correlata Província Magmática do Paraná. Intercalados a esses derrames é possível divisar claramente na paisagem dunas eólicas fossilizadas no interior dessa sequência (Figura 7). Algumas das dunas ainda possuem a forma barcana original. Esse vulcanismo pioneiro deixou vulcões em forma de escudo cuja forma original foi em alguns lugares preservada pelo rápido vulcanismo subsequente, denominado de basaltos do tipo Tafelberg, que cobriram toda a paisagem. Nesse momento não há mais registro de arenitos intercalados na sequência.

Seguindo a estratigrafia da seção de Awahab, aparece a primeira unidade vulcânica ácida, denominada de Goboboseb – I, de caráter ignimbrítica. A base desta unidade é formada por camadas ou lentes de *pitchstones* sobrepostas por quartzolátitos vitrofiricos com disjunções em lajes amplamente desenvolvidas. O núcleo da unidade ácida é marcado por estruturas de fluxo e bandamento. O topo da unidade é marcado por brechas compostas por fragmentos de púmice ou blocos de rocha bastante vesiculada (Figura 7).

Na continuidade da seção, reaparecem basaltos do tipo Tafelberg, que são correlatos aos do tipo Gramado no Brasil. Depois, ocorre a unidade Goboboseb – II e por fim no topo há um nível bastante espesso de quartzolátitos Springbok.

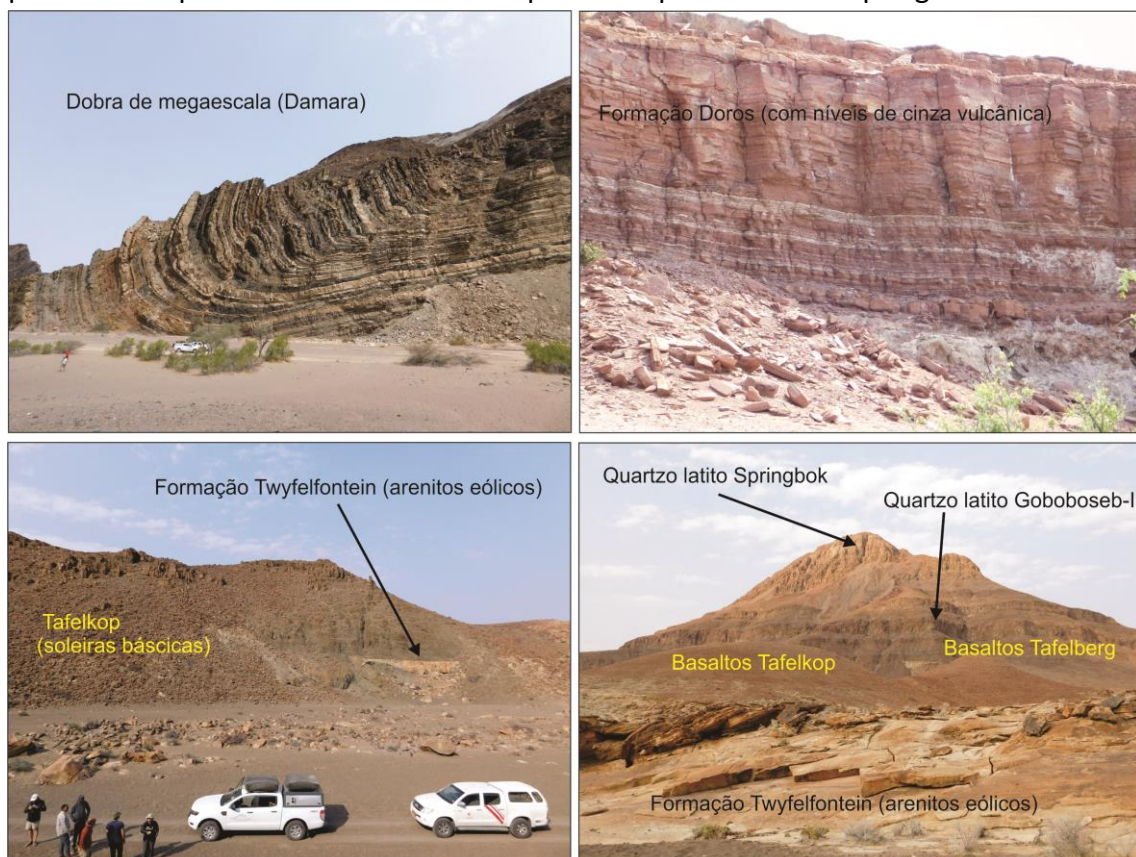


Figura 6: dobra em megaescala do cinturão Damara (esq. Superior); lamitos da Formação Doros intercalados com níveis de cinza vulcânica, unidade correlata a Formação Rio do Rasto da Bacia do Paraná; soleiras de magma tipo Tafelkop; seção Awahab onde foi descrita a Formação Awahab.

3.5 Região de Huab River e platô de Grootberg

O rio Huab secciona e escava o platô de Etendeka expondo a estratigrafia inferior das unidades da bacia Huab (anexa às bacias do Karoo e Paraná). Nessa região afloram dezenas de soleiras gabróicas e de diabásio tendo como encaixantes os arenitos da Formação Twyfelfontein (correlato a Formação Botucatu da Bacia do Paraná). Cruzando o rio Huab de sudeste para noroeste, aproximam-se as escarpas do platô de Etendeka, sustentadas na base pelos arenitos da Formação Twyfelfontein e no topo pelas rochas vulcânicas básicas e ácidas da Formação Awahab.

A Formação Awahab está sotoposta à Formação Tafelberg. Há uma importante discordância erosiva entre as duas. Portanto, em direção ao norte, a sequência vulcânica Awahab (Goboboseb na base e Springbok no topo) é sobreposta gradualmente pela sequência vulcânica Tafelberg. Esta contém as seguintes unidades ácidas intercaladas aos basaltos do tipo Tafelberg: Wereldsend na base, Grootberg em posição intermediária e Beacon no topo. A unidade de Grootberg é geoquimicamente semelhante às rochas ácidas do tipo Palmas, subtipo Caxias do Sul, da Província Magmática do Paraná (Figura 7).

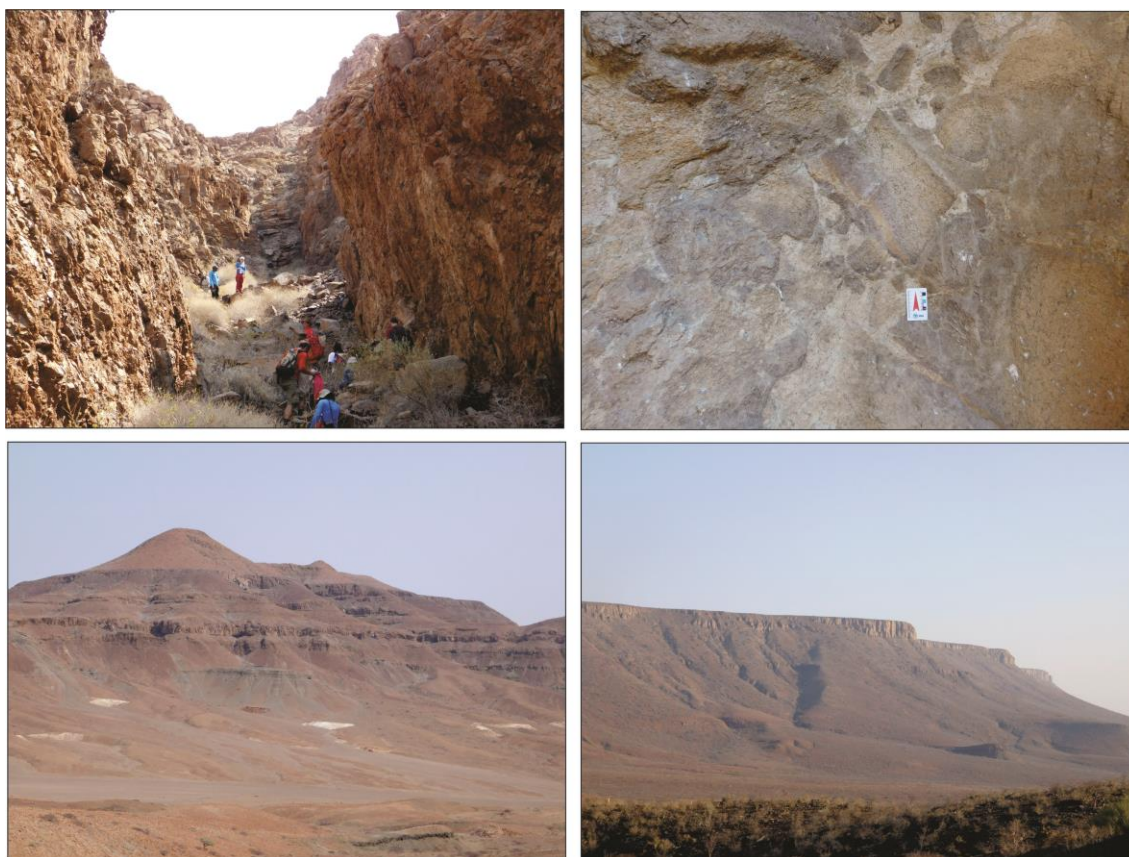


Figura 7: Caminhada de subida da seção Awahab através de um vale criado pela erosão de um dique de diabásio (esq. Superior); topo da unidade Goboboseb – I formado por brechas com fragmentos de rochas vesiculadas (possivelmente púmice) (direita superior); sequência de Awahab, onde nota-se dunas eólicas intercaladas aos derrames basálticos. O topo, de cor marrom claro, é formado por quartzo-latitos da unidade Springbok (esquerda inferior); platô de Grootberg, sustentado pelas rochas da unidade de Grootberg da Formação Tafelberg (direita inferior).

3.6 Sucessão costeira (Coastal Succession) – Costa dos Esqueletos

Ao oeste da Zona de Falha de Ambrosius Berg, de direção N-S e que secciona a Namíbia próximo ao litoral, afloram novamente as rochas do Grupo Etendeka, porém agora sob a forma de retalhos alongados e basculados por falhas lítricas. O grande platô de Etendeka, com altitude média de 800 m, podendo chegar a 1600 m acima dos platôs mais elevados, se rebaixa lentamente em direção à Costa dos Esqueletos. As terras ensolaradas, áridas e avermelhadas e as planícies de cascalho características do platô vulcânico de Etendeka dão lugar às terras úmidas, cinzentas, nubladas e às planícies arenosas e campos de dunas eólicas de areias brancas da Costa dos Esqueletos. Algumas praias são formadas por seixos e blocos de rochas vulcânicas e do embasamento cristalino, como em Terrace Bay (Figura 8).



Figura 8: Discussões geológicas sobre as cristas basálticas formadas pelas falhas lítricas na região de Torra Bay (superior esquerda); praia de seixos e blocos em Terrace Bay (superior direita); discussão geológica sobre os mapas no acampamento de Brandberg (inferior esquerdo); Pedro, Mariane e Marcell acompanhados do guia e colega Dougal Jerram (inferior direito).

4.0 Conclusões

A viagem a Namíbia foi muito enriquecedora tanto do ponto de vista científico como cultural. Este relatório é bastante efêmero em comparação ao que realmente foi visto, estudado e aprendido nesta viagem. A interação com colegas geólogos de várias origens usando o inglês como idioma comum tornou possível uma “geologia sem fronteiras” (Figura 8).

Os dados coletados serão usados no trabalho de correlação geoquímica, estratigráfica e petrográfica entre o Grupo Etendeka e as rochas ácidas do tipo Palmas da Formação Serra Geral no Brasil. Além disso, procura-se avançar no entendimento das sequências ácidas das LIPs, que muitas vezes são atribuídas a eventos de natureza piroclástica. No lado brasileiro, a origem dessas rochas vulcânicas é atribuída a derrames de lavas, enquanto no lado namibiano sua origem é atribuída a processos piroclásticos que geraram ignimbritos soldados (feições piroclásticas mascaradas pela alta temperatura e soldagem). Após essa viagem, foi possível observar que as rochas e a estratigrafia da LIP Paraná-Etendeka de ambos os continentes são visualmente muito semelhantes em sua maioria. Porém, as rochas da unidade de Goboboseb-I assemelham-se a ignimbritos enquanto as rochas da unidade de Grootberg possivelmente resultaram do resfriamento de lavas. É possível que existam tanto ignimbritos soldados (provavelmente da Formação Awahab) como derrames de lavas (possivelmente da Formação Tafelberg).

5.0 Comentários finais

Os conhecimentos adquiridos serão aplicados nos trabalhos de correlação geológica entre a costa da Namíbia e a costa sul brasileira e também na reconstrução paleocontinental. Fomentarão novos estudos de correlação intercontinental.

No lado africano de exposição da Província Magmática Paraná-Etendeka ocorrem seções bem definidas tanto das rochas básicas, quanto das ácidas, melhor preservadas, com menor grau de intemperismo químico, onde é possível verificar a correlação entre os diferentes litotipos e unidades. Algo mais difícil de realizar nas terras úmidas e cobertas de solo do lado brasileiro da província.

As interações científicas com os pesquisadores namibianos, noruegueses e britânicos que participaram desta excursão certamente contribuíram para a formação do pesquisador brasileiro, o qual aplicará no Brasil os novos horizontes de conhecimento desenvolvidos nessa viagem.

Rochas vulcânicas cobrem parte considerável do território brasileiro, especialmente aquelas da LIP do Paraná. O conhecimento adquirido pelo pesquisador poderá ser no futuro aplicado nos projetos de pesquisa realizados pela CPRM-Serviço Geológico do Brasil nessas áreas vulcânicas em qualquer parte do território nacional.

Também, vislumbra-se parceria entre os serviços geológicos do Brasil e da Namíbia (houve grande interesse dos pesquisadores namibianos em firmarem algum tipo de convênio com a CPRM). O pesquisador Marcell Besser se coloca à disposição da CPRM para auxiliar, se for o caso, em próximas viagens a Namíbia com interesse geológico ou então para auxiliar em possíveis parcerias entre a CPRM e o Serviço Geológico da Namíbia.

Por fim, o pesquisador agradece à CPRM pela oportunidade em ter realizado essa excursão a Namíbia, ao liberar o colaborador pelo período solicitado. Também agradece a todos os membros estrangeiros da equipe de campo, principalmente os geólogos Dr. Dougal Jerram pela disposição em programar e guiar essa excursão e o

Dr. Ansgar pelo auxílio com as permissões junto ao Ministério de Minas e Energia do Governo da Namíbia para a saída de 25 kg de amostras de rocha do país. Essa permissão foi bastante trabalhosa em se conseguir. O pesquisador ainda tece um agradecimento especial aos amigos e geólogos brasileiros Pedro e Mariane, sem os quais a viagem jamais teria sido o sucesso que foi.

6.0 Referências bibliográficas

BRANNEY M. J.; BONNICHSEN B.; ANDREWS G. D. M.; ELLIS B.; BARRY T. L.; MCCURRY M. 2008. 'Snake River (SR)-type' volcanism at the Yellowstone hotspot track: distinctive products from unusual, high-temperature silicic super-eruptions. *Bull. Volcanol.*, 70:293-314.

BRYAN S. E., PEATE I. U., SELF S., JERRAM D. A., MAWBY M. R., MARSH J. S. (Goonie), MILLER, J. A. 2010. The largest volcanic eruptions on Earth. *Earth-Science Reviews*, 102:207-229.

BRYAN S. E., RILEY T. R., JERRAM D. A., STEPHENS C. J., LEAT P. T. 2002. Silicic volcanism: An undervalued component of large igneous provinces and volcanic rifted margins. *Geological Society of America, Special Paper*, 362.

CAS R.A.F., WRIGHT J.V. 1988. *Volcanic Successions – modern and ancient – a geological approach to processes, products and sucessions*. 2. ed. Chapman & Hall, Londres, 544p.

COMIN-CHIARAMONTI P., BELLIENE G., PICCIRILLO E.M., MELFI A.J. 1988. Classification and petrography of continental stratoid volcanics and related intrusives from the Paraná Basin (Brasil). In: Piccirillo E.M., Melfi A.J. (eds) *The mesozoic flood volcanism of the Parana Basin: petrogenetic and geophysical aspects*. São Paulo, Instituto Astronômico e Geofísico, 600p.

ELLIS B. S.; WOLFF J. A.; BOROUGHS S.; MARK D. F; STARKEL W. A.; BONNICHSEN B. 2013. Rhyolitic volcanism of the central Snake River Plain: a review. *Bull. Volcanol.*, 75:745, p. 3-19.

EWART A., MILNER S. C., ARMSTRONG A., DUNCAN A. R. 1998. Etendeka Volcanism of the Goboboseb Mountains and Messum Igneous Complex, Namibia. Part II: Voluminous Quartz Latite Volcanism of the Awahab Magma System. *Journal of Petrology*, 39(2):227-253.

EWART, A., MARSH, J. S., MILNER S. C., DUNCAN A. R., KAMBER B. S., ARMSTRONG A. 2004. Cretaceous Bimodal Continental Flood Volcanism of the NW Etendeka, Namibia. Part 2: Characteristics and Petrogenesis of the High-Ti Latite and High-Ti and Low-Ti Voluminous Quartz Latite Eruptives. *Journal of Petrology*, 45 (1):107-138.

GARLAND F.; HAWKESWORTH J.; MANTOVANI M. S. M. 1995. Description and Petrogenesis of the Paraná Rhyolites, Southern Brazil. *Journal of Petrology*, 38:5, p. 1193-1227.

HENRY, C. D., WOLFF, J. A. 1992. Distinguishing strongly rheomorphic tuffs from extensive silicic lavas. *Bulletin of Volcanology*, 54:171-189.

HENRY C. D., PRICE J. G., RUBIN J. N., LAUBACH, S. E. 1990. Case study of an extensive silicic lava: the Rhyolite, Trans-Pecos Texas Bracks. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 43:113-132.

HENRY C.D., PRICE, J.G., PARKER, D.F., WOLFF, J.A. 1989. Mid-Tertiary silicic alkalic magmatism of Trans-Pecos Texas: rheomorphic tuffs and extensive silicic lavas. In: CHAPIN, C.E. & ZIDEK J. (eds), *Field Excursions to Volcanic Terranes in the western United States, Southern Rocky Mountain Region, Volume 1*. New Mexico Bureau of Mines and Mineral Resources Memoir, 46: 231-274.

JERRAM D., MOUNTNEY N., HOLZFÖRSTER F., STOLLHOFEN H. 1999. Internal stratigraphic relationships in the Etendeka Group in the Huab Basin, NW Namibia: understanding the onset of flood volcanism. *Journal of Geodynamics*, 28: 393-418.

JERRAM D. A., WIDDOWSON M. 2005. The anatomy of Continental Flood Basalt Provinces: geological constraints on the processes and products of flood volcanism. *Lithos*, 79: 385-405.

LIMA E. F. de, PHILLIPP R. P., RIZZON G. C., WAICHEL B. L., ROSSETI, L. de. M. 2012. Sucessões vulcânicas, modelo de alimentação e geração de domos de lava ácidos da Formação Serra Geral na região de São Marcos-Antônio Prado (RS). *Geologia (USP)*: 12 (2):49-64.

MACHADO F. B. 2003. Geologia e possíveis zonas de efusão do magmatismo ácido cretácico da Bacia do Paraná. Monografia de conclusão de curso, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual de São Paulo, 94p.

MARSH J.S., MILNER S. C. 2007. Stratigraphic correlation of the Awahab and Tafelberg Formations, Etendeka Group, Namibia, and location of an eruptive site for flood basalt volcanism. *Journal of African Earth Sciences*, 48 (5):329-340.

MARSH J.S., EWART A., MILNER S. C., DUNCAN, A. R., MILLER S. C. 2001. The Etendeka Igneous Province: magma types and their stratigraphic distribution with implications for the evolution of the Paraná-Etendeka flood basalt province. *Bulletin of Volcanology*, 62:464-486.

MELFI A. J., PICCIRILLO E. M., NARDY A. J. R. 1988. Geological and magmatic aspects of the Parana Basin: an introduction. In: PICCIRILLO E. M. & MELFI, A. J. (eds.). *The Mesozoic Flood Volcanism of the Parana Basin: petrogenetic and geophysical aspects*. USP, São Paulo, 1-14p.

MILNER S. C., DUNCAN A. R., WHITINGHAM A. M., EWART A. 1995. Trans-Atlantic correlation of eruptive sequences and individual silicic volcanic units within the Parará-Etendeka igneous province. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 69:137-157.

MILNER S.C., DUNCAN A.R., EWART A. 1992. Quartz latite rhyolite flows of the Etendeka Formation, north-western Namibia. *Bull. Volcanol*, 54:200-219.

MUZIO R., MORALES E., VEROSLAVSKY G., CONTI B. 2009. The Arequita Formation (Lower Cretaceous): Petrographic features of the volcanic facies in the Laguna Merín Basin, East Uruguay. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, 16(1):19-28.

NARDY A. J. R., MACHADO F. B., OLIVEIRA M. A. F. de. 2008. As rochas vulcânicas mesozóicas ácidas da Bacia do Paraná: litoestratigrafia e considerações geoquímico-estratigráficas. *Revista Brasileira de Geociências*, 38(1):178-195.

NARDY A. J. R., OLIVEIRA M. A. F., BETANCOURT R. H. S., VERDUGO D. R. H., MACHADO F. B. 2002. Geologia e estratigrafia da Formação Serra Geral. SP, *Geociências*, 21:15-32.

PEATE D. W., HAWKESWORTH C. J., MANTONAVI M. S., ROGERS N. W., TURNER S. P. 1999. Petrogenesis and Stratigraphy of the High-Ti/Y Urubici Magma Type in the Paraná Flood Basalt Province and Implications for the Nature of 'Dupal'-Type Mantle in the South Atlantic Region. *Journal of Petrology*. 40(3):451-473.

PEATE, D. W. 1997. The Paraná-Etendeka Province. In: MAHONEY J.J. & COFFIN M. (eds) Large Igneous Provinces: Continental, Oceanic and Planetary Flood Volcanism. Am. Geophys. Union Geophys. Monogr. 100: 217-245.

PETERSON D. W., TILLING R. I. 1980. Transition of basaltic lava from pahoehoe to aa, Kilauea Volcano, Hawaii: field observations and key factors. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 7:271-293.

PETRINI R., CIVETTA L., LACUMIN P., LONGINELLI A., BELLIENE G., COMIN-CHARAMONTI P., ERNESTO N., MARQUES L. S., MELFI A., PACCA I., PICCIRILLO E. M. 1989. High temperature flood silicic lavas from the Parana Basin (Brasil). New Mexico Bureau of Mines and Mineral Resources Bulletin, 131:213.

PICCIRILLO E. M., MELFI A. J. 1988. The Mesozoic flood volcanism of the Paraná Basin – petrogenetic and geophysical aspects. São Paulo: USP, 600p.

ROISENBERG, A. 1989. Petrologia e geoquímica do vulcanismo ácido mesozoico da Província Meridional da Bacia do Paraná. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 285p.

THIEDE, D. S., VASCONCELOS, P. M. 2010. Paraná flood basalts: Rapid extrusion hypothesis confirmed by new $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ results. Geology, 38:747-750.

UMANN, L. V., DELIMA, E. F., SOMMER, C. A., LIZ, D. 2001. Vulcanismo ácido da região de Cambará do Sul, RS: Litoquímica e discussão sobre a origem dos depósitos. Revista Brasileira de Geociências, 31(3):357-364.

WAICHEL B. L., LIMA E. F., SOMMER C. A. 2006. Tipos de Derrame e Reconhecimento de Estruturas nos Basaltos da Formação Serra Geral: Terminologia e Aspectos de Campo. Pesquisas em Geociências, 33(2): 123-133.

WHITTINGHAM A. M. 1989. Geological features and geochemistry of the acidic units of the Serra Geral Formation, South Brazil. IAVCEI abstracts: Santa Fé, New Mexico, USA. p.293.

WOLFF J.A., WRIGHT J.V. 1981. Rheomorphism of welded tuffs. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 10:13-34.