

INTRODUÇÃO

Vulcões monogenéticos consistem em pequenos edifícios vulcânicos formados em um curto intervalo de tempo. São considerados as feições vulcânicas mais comuns na Terra (Wood, 1979) e geralmente se desenvolvem em extensas áreas (formando campos monogenéticos) ou em associação a vulcões poligenéticos e caldeiras (vulcões parasitas). Apresentam morfologia variável em função de fatores endógenos e exógenos, podendo ser agrupados de forma genética com base na morfologia do edifício vulcânico (Fig. 1; Németh *et al.*, 2017).

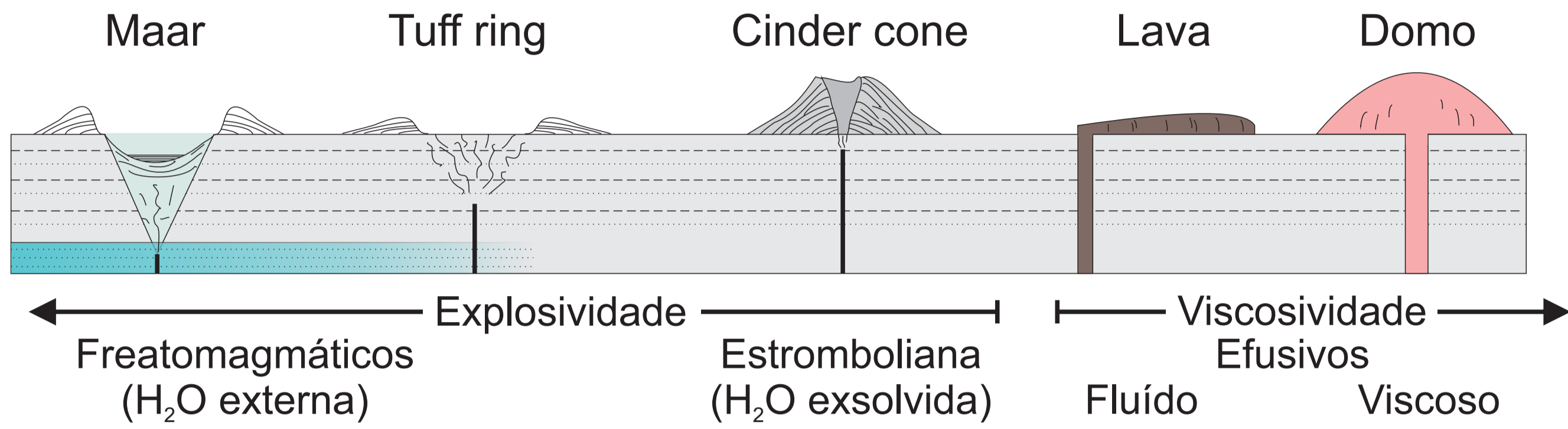


Fig. 1: Estilos eruptivos de feições monogenéticas e sua expressão geomorfológica em função do conteúdo de água.

O reconhecimento e descrição destas feições, através de sua morfologia e distribuição espacial, promove o entendimento da evolução do campo monogenético, seus estilos eruptivos e o controle estrutural da região (e.g. Paulsen & Wilson, 2010). O objetivo deste trabalho consiste no estudo geomorfológico e de distribuição espacial do vulcanismo monogenético situado na porção austral do Altiplano Puna.

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada nos Andes Centrais (Fig. 2) e consiste na porção austral do Altiplano-Puna (24° - 27°S). A região apresenta espessura crustal média de 50 km, tendo sua origem associada ao espessamento crustal gerado pela subducção da placa de Nazca sob a placa Sul Americana (Oncken *et al.*, 2006). Do ponto de vista estrutural dominam blocos e falhas com orientação N-S e NE-SW (Fig. 3), levando a formação de cordilheiras, bacias endorreicas e extensos salares em associação a um clima hiper-árido. O vulcanismo monogenético (Mioceno - Presente) se desenvolve sobre um substrato variado formando depósitos efusivos e vulcanoclásticos de composição básica a intermediária (Filipovich, 2015).

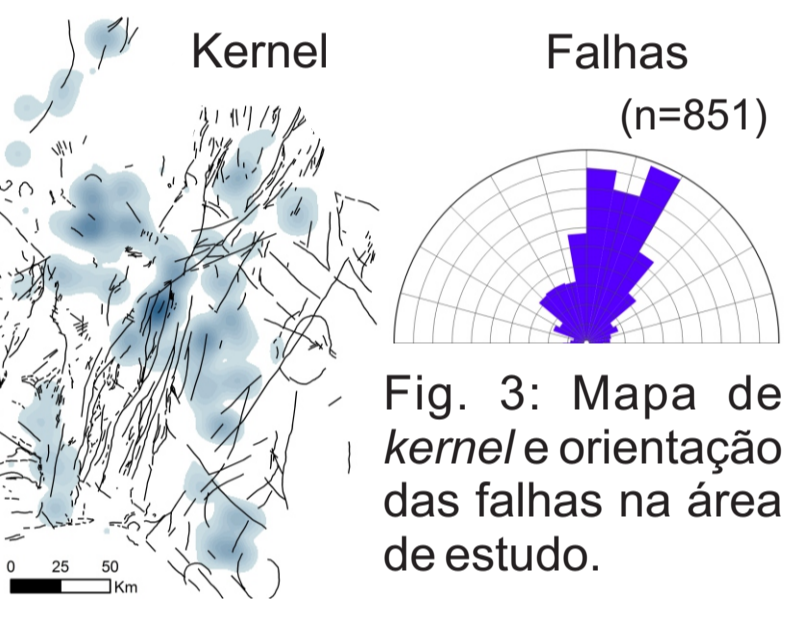
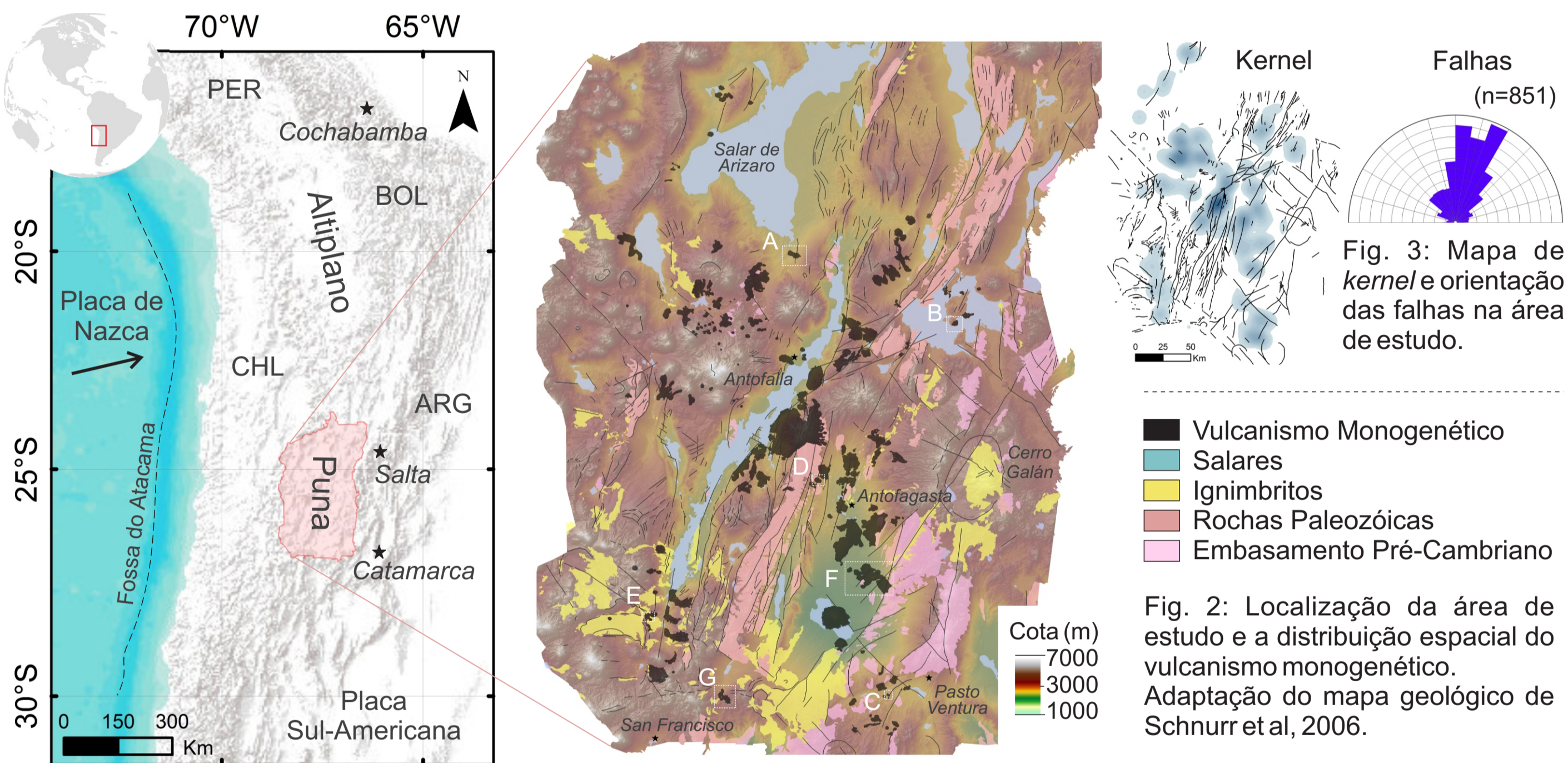


Fig. 2: Localização da área de estudo e a distribuição espacial do vulcanismo monogenético. Adaptação do mapa geológico de Schnurr *et al.*, 2006.

METODOLOGIA

A metodologia envolveu o mapeamento das feições em uma escala 1:8000 através de imagens orbitais e modelos digitais de elevação (SRTM) utilizando os softwares ArcGIS e GoogleEarth. Por meio das ferramentas de análise espacial foram medidos e calculados os parâmetros morfométricos associados aos vulcões monogenéticos (Fig. 4): diâmetro basal (W_{co}), diâmetro da cratera (W_{cr}), altura (H_{co}), área (A) e volume (V). Quando possível, as dimensões dos depósitos associados aos centros eruptivos (derrames e depósitos piroclásticos) também foram determinadas. As orientações e alinhamentos dos *vents* principais foram obtidas seguindo a metodologia proposta por Paulsen & Wilson (2010) e Filipovich (2015).

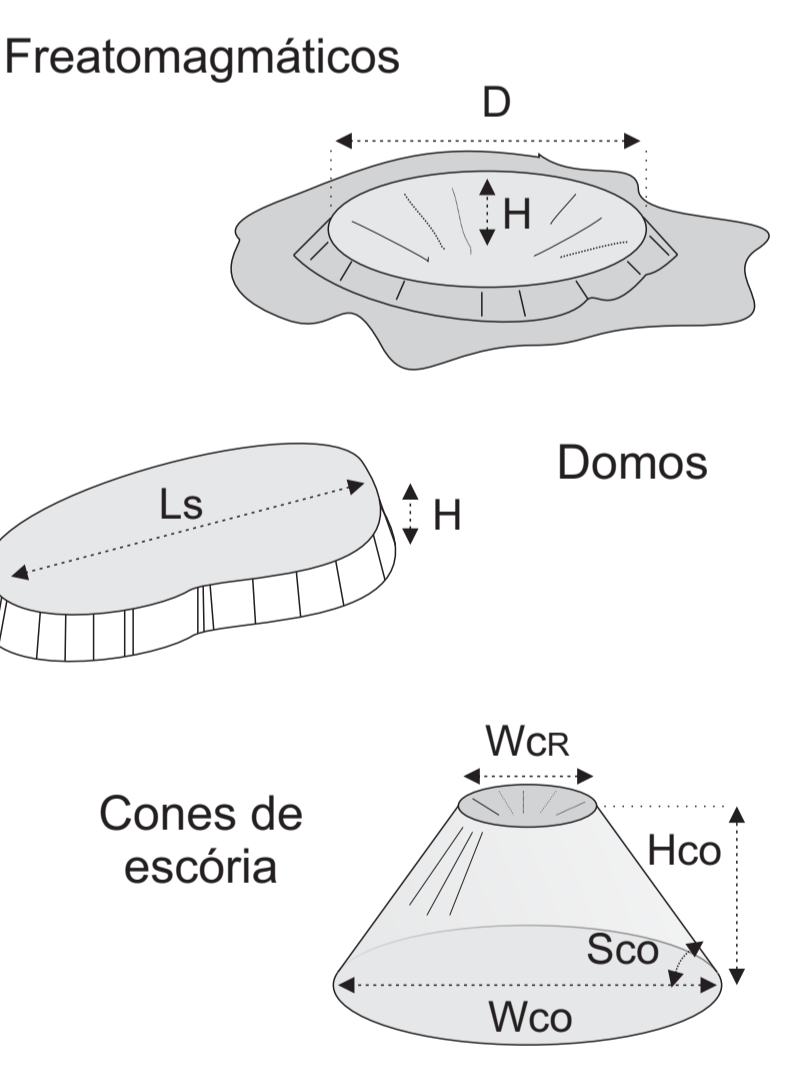


Fig. 4: Parâmetros morfométricos avaliados das feições estudadas.

ANÁLISE DE DADOS

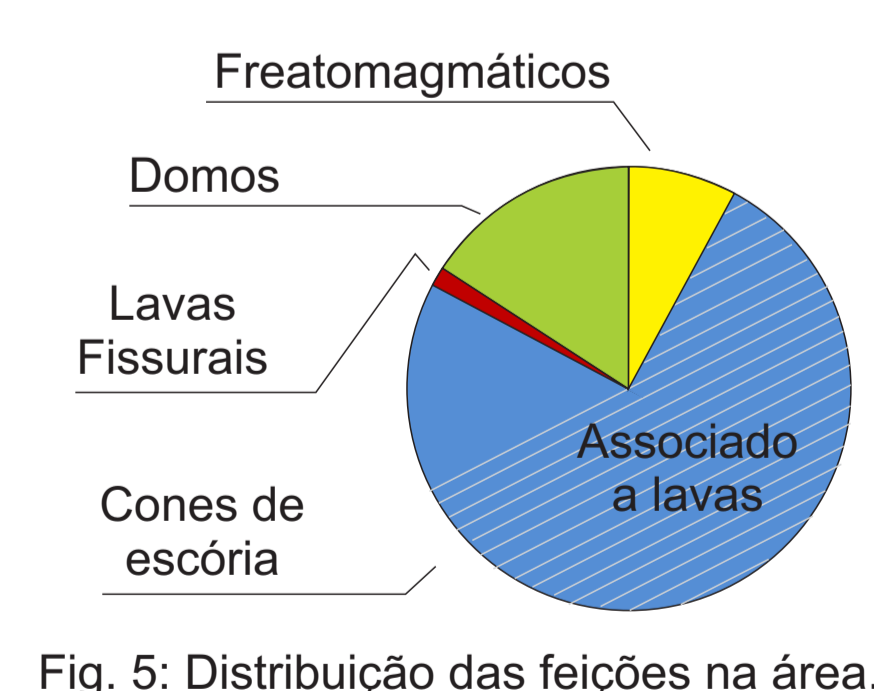


Fig. 5: Distribuição das feições na área.

Foram identificadas 265 feições de interesse, sendo sua distribuição modal exibida na Fig. 5, onde se observa o predomínio de cones de escória e domos. A análise do padrão de pontos (*average nearest neighbor*) retornou um valor-R de 0,508, evidenciando o alto agrupamento das feições no terreno, característico de manifestações monogenéticas. Em seguida são apresentados os resultados para cada feição monogenética estudada.

Domos

Os domos apresentam morfologias fluidas e cristas de pressão, predominando morfologias do tipo *lavas coulée* e *tortas* (Fig. 6 A e B). Cobrem áreas de até 6 km² e apresentam razões H/A ligeiramente maiores que as observadas nos derrames básicos, indicando maiores viscosidades (Fig. 7).

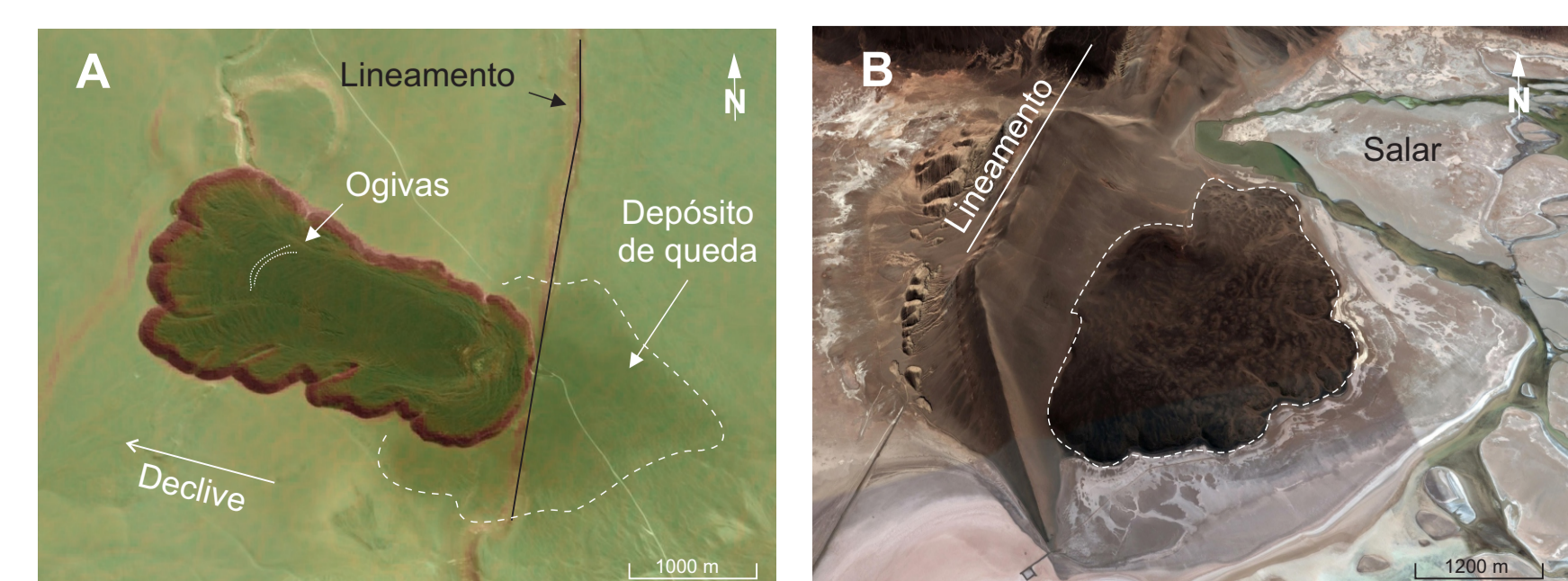


Fig. 6: A - mapa de declividade mostrando coulée com associação piroclástica. B - torta desenvolvida próxima lineamento NE-SW.

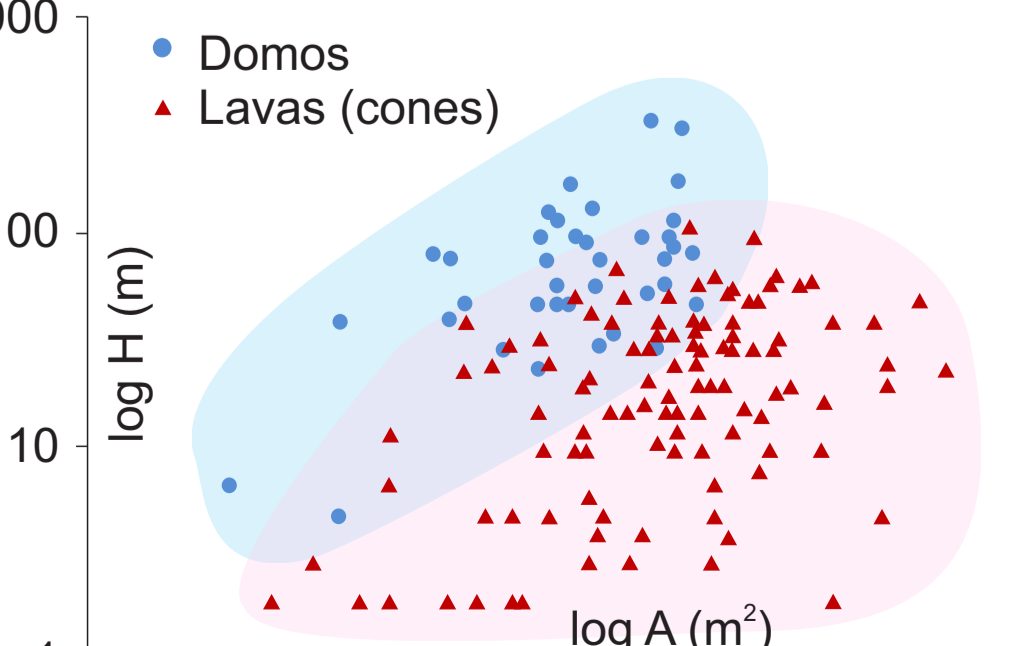


Fig. 7: Gráfico com altura (H) e área (A).

Freatomagmáticos

As feições originadas por erupções hidrovolcânicas apresentam distribuição restrita em concordância com o clima hiper-árido da região. Se concentram em áreas deprimidas ou sobre blocos do embasamento, o que pode indicar um papel importante da porosidade secundária (aquíferos fraturados) na gênese destas estruturas. Os depósitos de queda apresentam ampla distribuição, especialmente nos associados a *maares* (Fig. 8D), cobrindo áreas de até 24 km² e indicando o alto grau de fragmentação destes eventos. A análise de orientação das crateras revela uma elongação NW-SE (Fig. 9).

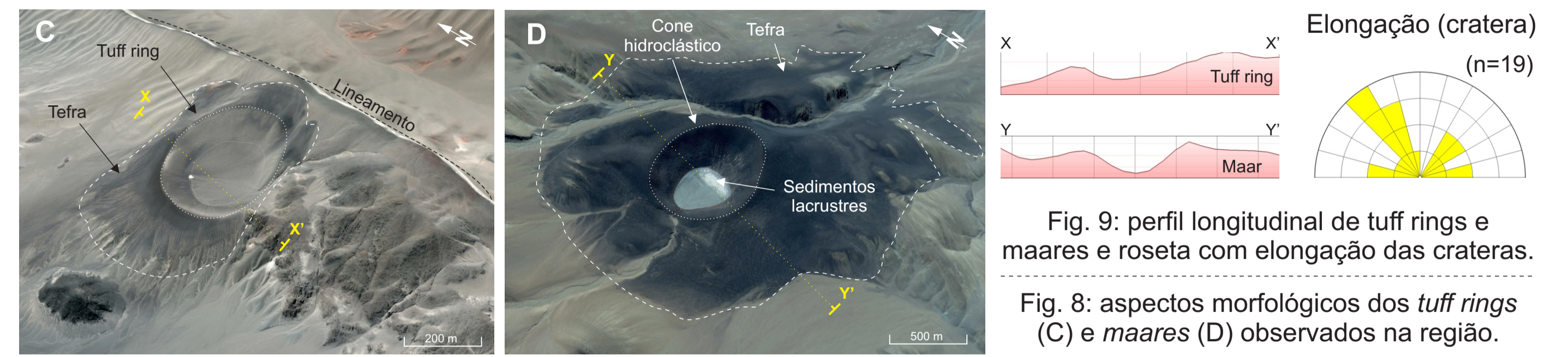


Fig. 8: aspectos morfológicos dos tuff rings (C) e maares (D) observados na região.

Cones de escória

Os cones de escória geram agrupamentos com orientação NE-SW (Fig. 1). A distribuição dos parâmetros morfométricos está representada pela Fig. 10. Diversos cones estão associados a extensos derrames básicos (Fig. 12E). Estes derrames apresentam morfologias variadas e correspondem, em volume, à cerca 60% de todo o vulcanismo monogenético da região. A análise de alinhamento de *vents* e elongação basal revela uma orientação preferencial NW-SE (Fig. 11 e 12F), o que contraria a orientação dos lineamentos principais. Alguns cones apresentam clara associação com estruturas freatomagmáticas, indicando a evolução de um estilo hidroclástico para estromboliano (Fig. 12G).

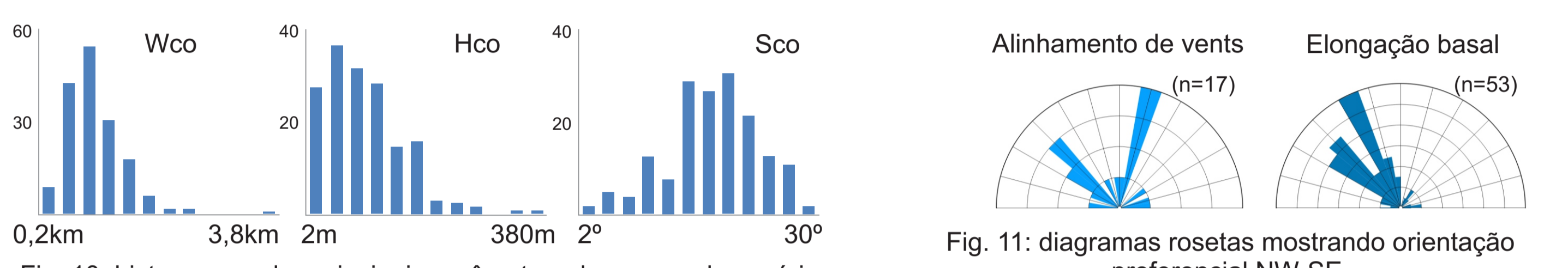


Fig. 10: histogramas dos principais parâmetros dos cones de escória.

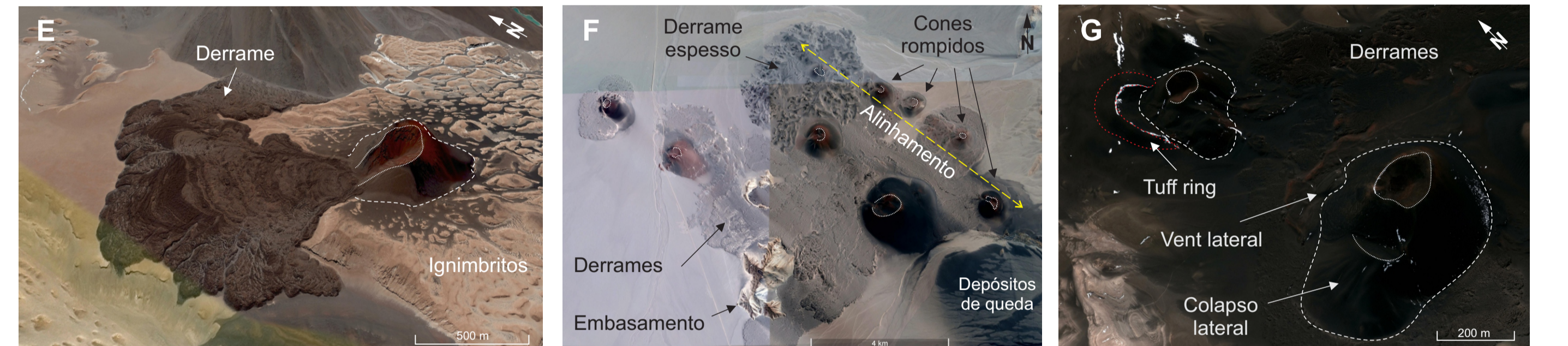


Fig. 12: aparência comum dos cones de escória associados a área de estudo.

Os cones de escória também foram classificados de acordo com o nível de degradação (Fig. 13): incipiente (I), intermediário (II), intermediário avançado (III) e avançado (IV), possibilitando a comparação com demais variáveis. Na Fig. 14B (gráfico proposto por Fornaciai *et al.*, 2012) é possível observar o aumento da razão W_{cr}/W_{co} com a idade relativa, o que indica acumulação de material na base do cone em concordância com um clima árido.

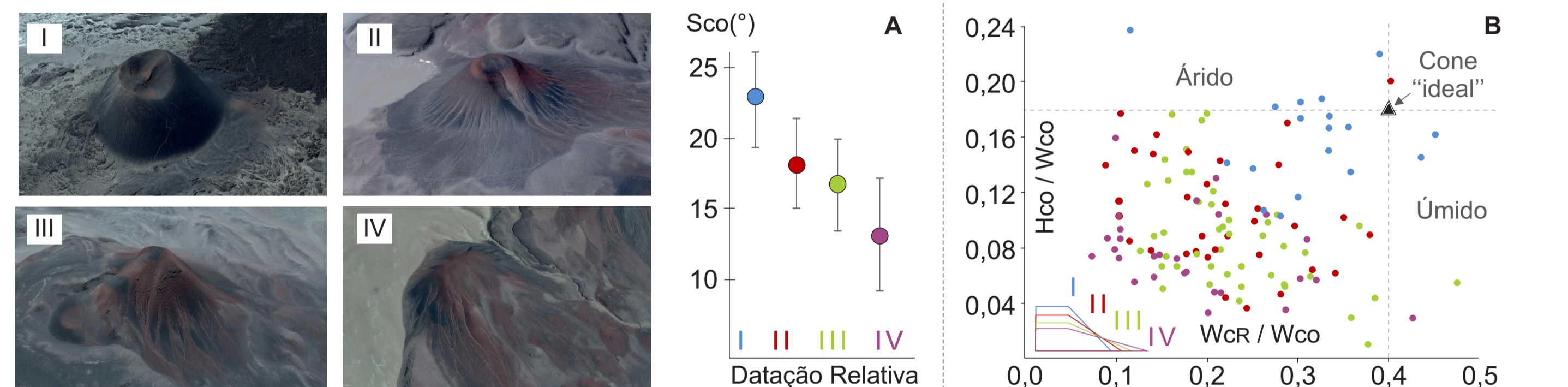


Fig. 13: exemplo de níveis de degradação dos cones.

Fig. 14: evolução de parâmetros morfométricos com a degradação.

CONCLUSÕES

O vulcanismo monogenético da região austral do Altiplano Puna apresenta uma baixa densidade de centros eruptivos ($4,5 \times 10^{-3}$ centros/km²) associada à formação de cones de escória e derrames de lava. O estilo eruptivo estromboliano indica composições magmáticas básicas com considerável quantidade de voláteis. A distribuição e alinhamento de *vents* sugere orientação NW-SE, em contraste com as estruturas regionais (NE-SW e N-S), o que pode ser resultados da alteração do campo tensional durante o Mioceno-Plioceno, conforme indicado por Marrett & Emerman (1992). Este novo regime possibilitou a ascensão do magma através estruturas extensionais, de orientação NW-SE, e estruturas pré-existentes (Fig. 15).

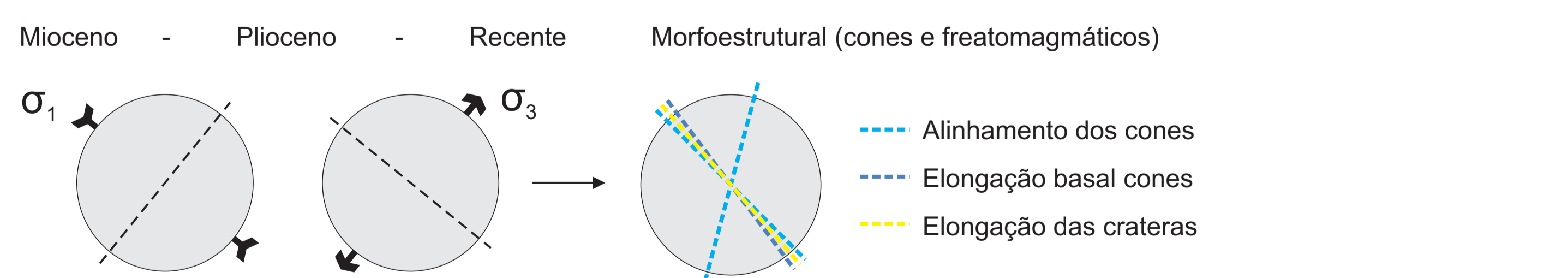


Fig. 15: campo tensional (Marrett & Emerman, 1992) e a análise morfoestrutural das feições estudadas.

REFERÊNCIAS

Filipovich, R.E. *Estilos eruptivos asociados al vulcanismo monogenico básico de la región de Pasto Ventura, Puna Austral*. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Nacional de Salta, 2015.
Fornaciai *et al.* Morphometry of scoria cones and their relation to geodynamic setting. *JVGR*, v. 217, 2012.
Marrett, R. & Emerman, S.H. The relations between faulting and mafic magmatism in the Altiplano-Puna plateau (central Andes). *Earth and Planetary Science Letters*, v.112, 1992.
Németh, K. *et al.* (eds). *Monogenetic Volcanism*. London: Geological Society Special Publication, 2017.
Oncken, G. *et al.* (eds). *The Andes - active subduction orogeny*. Berlin: Springer, 2006.
Paulsen, T.S. & Wilson, T.J. New criteria for systematic mapping and reliability assessment of monogenetic volcanic vent alignments and elongate volcanic vents for crustal stress analyses. *Tectonophysics*, v. 482, 2010.
Wood, C.A. Monogenetic volcanoes of the terrestrial planets. In: *Lunar and Planetary Science Conference*, 1979.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Walter Baez (Universidade Nacional de Salta), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao IGEO/UFRGS.