

O vulcanismo Serra Geral em Torres, Rio Grande do Sul, Brasil: empilhamento estratigráfico local e feições de interação vulcano-sedimentar

Karla Petry

Mestranda dop PPGeo – UNISINOS, karla_petry@hotmail.com, petry@euler.unisinos.br

Delia del Pilar M. de Almeida

PPGeo – UNISINOS, Av. Unisinos, 950 – 93022-000, São Leopoldo, RS, Brasil.

Henrique Zerfass

CPRM, Rio Grande do Sul, Brasil

ABSTRACT

At the mounts found in the city of Torres, southern Brazil, three facies associations were identified (i) basalts, (ii) sandstones and (iii) features of volcanic-sedimentary interaction. From field and petrographic descriptions it is possible to suggest the genetic mechanisms of the volcanic-sedimentary interactions. The striations on top of sandstones are produced by the flow of lava over unconsolidated sand. The clastic dikes are produced by the infilling of aeolian sand in the disjunctions of the basalt, or the injection of sand towards the lava while it is still flowing. This mechanism of injection, when dealing with plastic lava, leads to the formation of peperite, which is also found as a result of traction and fragmentation of the front and base of the lava flow. It is possible to identify, at Torres, three individual lava flows, each one of them defining a distinct stratigraphic level. These levels are composed by a cycle of events, initiated by the lava flow, which is responsible for the formation of peperite, and this succession is recovered by aeolian deposition of sand. With the definition of these levels it becomes clear that the sandstone outcropping at Morro das Cabras (Guarita Park) is intertraptic sandstone from the Serra Geral Formation, and does not belong to the underlying Botucatu Formation.

Key words: Serra Geral volcanism, stratigraphy, volcanic-sedimentary interactions, peperite

RESUMO

No Município de Torres, nos morros do Farol, das Furnas, das Cabras e Torre Sul, foram identificadas três associações de fácies: (i) basaltos, (ii) arenitos e (iii) feições de interação vulcano-sedimentar. A partir de descrições de campo e petrográficas das feições de interação vulcano-sedimentares, é possível sugerir seus mecanismos genéticos. As estrias no topo dos arenitos são produto do fluxo de lava sobre areia inconsolidada. Os diques clásticos são o preenchimento das disjunções do basalto, já resfriado, pela areia que migra sobre ele, ou injeções de areia para dentro do derrame, durante seu fluxo. Este mecanismo de injeção, quando encontra lava em estado plástico, dá origem a peperitos, que também se formam por tração e fragmentação da base e frente do derrame. É possível identificar em Torres, três derrames individuais, cada um deles definindo um nível estratigráfico. Estes níveis são compostos por um ciclo de eventos, iniciado pelo derrame, que dá origem aos peperitos, recobertos, então, pela deposição eólica de areia. Com a definição de tais níveis estratigráficos torna-se evidente que o arenito aflorante no Morro das Cabras (Parque da Guarita) é uma lente de arenito intertrápico da Formação Serra Geral, e não pertence à Formação Botucatu, subjacente.

Palavras-chave: vulcanismo Serra Geral, estratigrafia, interações vulcano-sedimentares, peperito

INTRODUÇÃO

O município de Torres, no extremo norte do litoral gaúcho, sempre foi de grande importância para o turismo no Estado, dada a ocorrência de belas falésias, constituindo as únicas praias gaúchas com ocorrências rochosas. Apesar de sua importância turística, os morros que compõem tais falésias apenas

recentemente vêm recebendo maior atenção, do ponto de vista geológico, com os trabalhos de Petry (2003) e Petry *et al.* (2002, 2003a, 2003b). O conteúdo destes trabalhos é sumariado aqui, visando abranger a geologia dos morros do Farol, Furnas, das Cabras e a Torre Sul, compreendendo as ocorrências rochosas desde o limite norte da Praia da Cal até o Parque Estadual da Guarita (Figura 1).

Através da elaboração de perfis verticais ao longo das faces destes morros, foi possível elaborar um modelo estratigráfico local para as unidades que ali ocorrem e inferir a respeito de seus mecanismos de formação, uma vez que ali se encontra registrado o contato entre derrames de lava e corpos sedimentares arenosos, com a formação de rochas e feições características de interação vulcano-sedimentar.

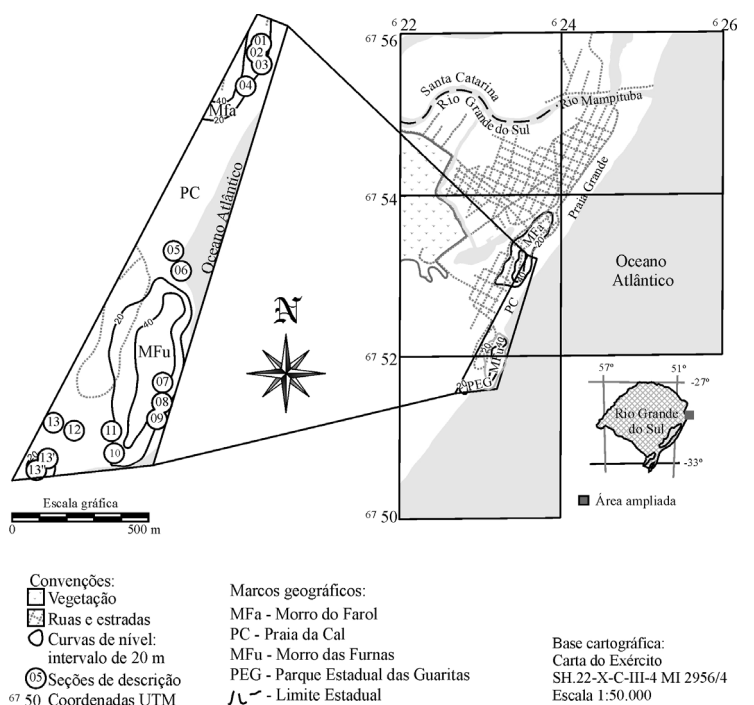


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo, indicando a posição dos perfis colunares.

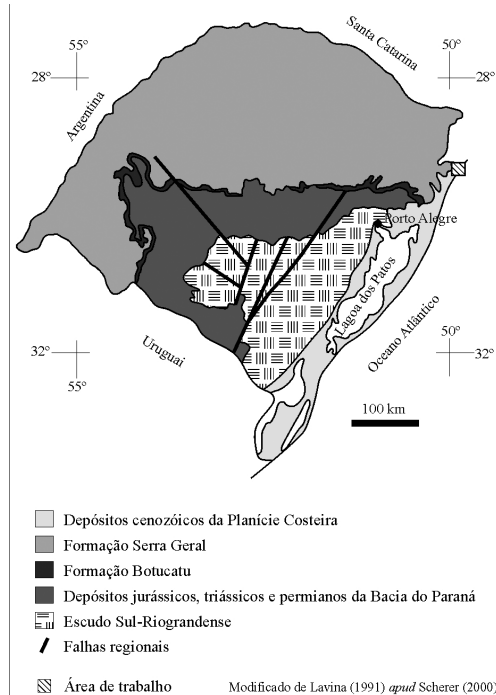


Figura 2. Localização da área de estudo dentro do contexto geomorfológico do Estado.

CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A região de Torres, alvo deste trabalho, apesar de se encontrar geograficamente dentro do contexto da planície costeira gaúcha (Figura 2), apresenta excelentes exposições da Formação Serra Geral, do Cretáceo Inferior da Bacia do Paraná.

A Bacia do Paraná é uma extensa bacia sedimentar, com derrames vulcânicos associados às porções mais superiores, e que ocupa cerca de 1.500.000 km² dentro do Brasil, Uruguai, Paraguai e Argentina. As idades dos depósitos que a compõem vão desde o Neo-Ordoviciano até o Neocretáceo (Milani *et al.*, 1998).

As porções superiores da Bacia do Paraná foram primeiro descritas por White (1908 *in* Scherer *et al.*, 2000), que propôs a então Série São Bento, englobando as camadas vermelhas do Rio do Rasto, a Grês de São Bento (Formação Botucatu) e rochas eruptivas da Serra Geral, com contatos concordantes.

A estratigrafia adotada atualmente para a porção superior da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul, proposta por Faccini (1989), divide o pacote gondwânico do Estado em quatro seqüências deposicionais, delimitadas por superfícies erosivas, onde a Seqüência IV corresponde ao período Jurássico/Cretáceo, e que inclui as formações Botucatu e Serra Geral.

A Formação Botucatu representa um imenso campo de dunas eólicas, com interdunas secas (Scherer, 1998). Sua espessura no Rio Grande do Sul é bastante variável, provavelmente devido à preservação do paleo-relevo de dunas, podendo atingir até 100 m de espessura e encontrando-se ausente em áreas da região central do estado, onde a Formação Serra Geral encontra-se diretamente sobre os depósitos fluviais e lacustres do Triássico (Scherer, 2000).

É importante ressaltar que as condições climáticas áridas que deram origem ao deserto de Botucatu perduraram mesmo

após a primeira extrusão de lava da Formação Serra Geral. Este vulcanismo foi lentamente “afogando” o deserto existente, uma vez que os arenitos eólicos encontram-se interdigitados com os derrames, especialmente na base da Formação Serra Geral (Scherer, 2002).

Faccini (1989) ressaltou a ausência de depósitos de interduna úmidos. Scherer (2000) chama também a atenção para este fato, ressaltando que a ausência de superfícies úmidas ou quaisquer outras características de interduna úmida sugere um nível freático abaixo da superfície, reforçando o fato de que a Formação Botucatu teria se originado em condições climáticas de intensa aridez.

A Formação Serra Geral, topo da seqüência estratigráfica da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul, é o registro do vulcanismo ocasionado pela ruptura do megacontinente de Gondwana, dando origem ao Oceano Atlântico Sul. A espessura média deste pacote vulcânico é de 800 m, podendo atingir até 1.500 m, e

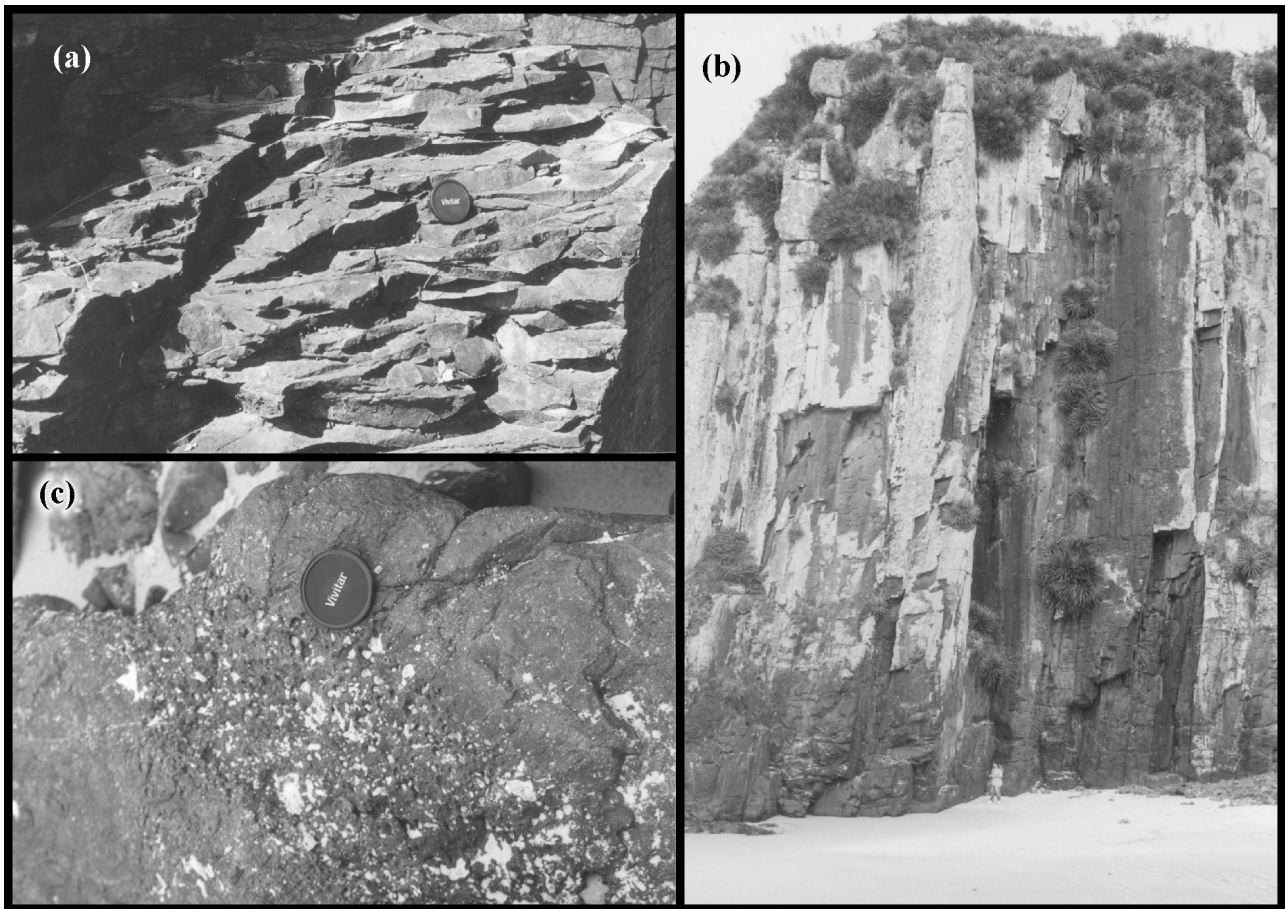


Figura 3. Aspecto geral das três litofácies de basalto. **A.** Litofácies de basalto tabular, base de derrame (Morro das Furnas); **B.** Litofácies de basalto colunar, meio de derrame, (Torre Sul); **C.** Litofácies de basalto vesicular/amigdaloidal, topo de derrame, (Morro do Farol).

ocupa, na sua totalidade, 1.280.000 km², estando 1.200.000 km² destes na América do Sul, ocupando áreas do sul do Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai (Roisenberg e Viero, 2000).

A Formação Serra Geral é constituída por uma série de derrames de lavas básicas toleíticas, intercaladas com alguns derrames andesíticos e riodacíticos, especialmente em direção ao topo da seqüência. Existem registros de magmatismo subordinado de afinidade picrítica e de afinidade alcalina. De maneira geral, as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral recobrem os arenitos eólicos da Formação Botucatu, mas podem ser também encontrados em contato direto com rochas permo-triássicas da Bacia do Paraná e até mesmo com o embasamento cristalino, nas bordas da bacia (Roisenberg

e Viero, 2000).

Stewart *et al.* (1996), por meio de datações radiométricas ⁴⁰Ar-³⁹Ar, estabelecem um intervalo temporal de 10 a 12 Ma para Formação Serra Geral, indo de 138 Ma até 127 Ma, estando, portanto, temporalmente localizada dentro do Cretáceo Inferior. Estas idades isotópicas servem como limite superior de idade para a Formação Botucatu. Ainda que uma idade mais precisa para o início da sedimentação eólica não seja conhecida, sua íntima relação com a Formação Serra Geral e suas pequenas espessuras no Estado sugerem que sua deposição deuse num período de apenas algumas centenas de milhares de anos (Scherer, 1998). A presença de lentes de arenito intertrápicos na Formação Serra Geral sugerem que as condições desérticas

persistiram durante o vulcanismo (Milani *et al.*, 1998; Scherer *et al.*, 2000).

GEOLOGIA LOCAL

A área de estudo, de cerca de meio quilômetro quadrado, engloba uma série de elevações (Figura 1), tais como, o Morro do Farol (0,2 km², no extremo norte da área), Morro das Furnas (0,13 km², na porção central da área), Morro das Cabras (de área muito pequena) e Torre Sul (0,1 km², no extremo sul da área).

Foi possível identificar na área três associações de fácies: (1) basaltos, (2) arenito, e (3) feições de interação vulcano-sedimentar. Estas unidades são compostas por sete litofácies: (1) basalto com disjunção tabular; (2) basalto com disjunção colunar; (3) basalto vesicular/amigdaloidal; (4) arenito com

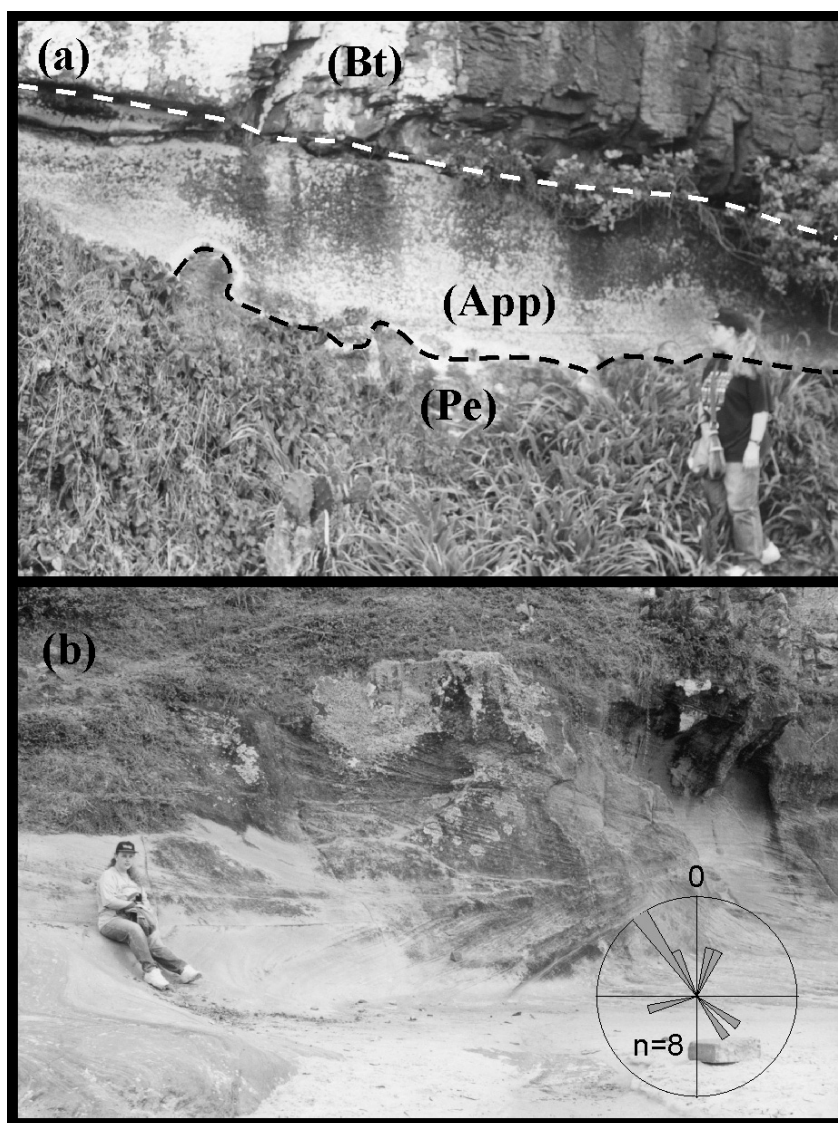


Figura 4. Aspecto geral das litofácies de arenito. **A.** Litofácies de arenito com estratificação plano-paralela (Morro do Farol); **B.** Litofácies de arenito com estratificação cruzada, com diagrama de paleocorrente (Morro das Cabras). (Bt) - basalto com disjunção tabular; (App) - arenito com estratificação plano-paralela; (Pe) - peperito.

estratificação cruzada acanalada; (5) arenito com estratificação plano-paralela; (6) dique clástico e; (7) peperito.

ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES 1: BASALTOS

As litofácies correspondentes aos basaltos (basalto com disjunção tabular, basalto com disjunção colunar e basalto vesicular/amigdaloidal, Figura 3) são as

mais abundantes, sendo o basalto colunar, a mais significativa dentre elas. Os basaltos são encontrados em todos os pontos de descrição, sendo os responsáveis pela manutenção do relevo característico de morros testemunho. Espessuras de até 27 m são observadas, ficando, entretanto, a média de espessura em torno de dez metros. O ponto de maior espessura, representado pela Seção 13 (S-13), na Torre Sul (Figura 1), é composto unicamente

pela litofácies de basalto colunar, o que comprova sua significativa espessura. As demais litofácies desta associação atingem em média 1,5 m, podendo alcançar até cinco metros.

O basalto com disjunção tabular é caracterizado pela presença predominante de marcada disjunção horizontal (Figura 3A), podendo ocorrer disjunção colunar incipiente associada. Esta disjunção tabular pode ser originada tanto pelo fluxo da lava, quanto por resfriamento, que devido à pressão exercida pelo pacote vulcânico assumiria a orientação tabular (horizontal).

O basalto com disjunção colunar é distinguido pela presença de disjunções colunares bem desenvolvidas (Figura 3B), que progressivamente desaparecem no basalto vesicular/amigdaloidal e no basalto tabular. Novamente esta disjunção é fruto dos processos de resfriamento do pacote vulcânico, o que causa uma contração do mesmo, favorecendo o desenvolvimento de planos de disjunção perpendiculares ao plano de derrame. Esta litofácies pode apresentar disjunção tabular incipiente na sua base.

A litofácies de basalto vesicular/amigdaloidal é caracterizada pela intensa presença de vesículas (Figura 3C), preenchidas ou não por quartzo, zeolita ou carbonato, podendo conter associações destas. Estas vesículas representam os espaços deixados na lava durante o processo de escape de gases vulcânicos, sempre em direção ao topo do derrame.

Assim, é fácil encontrar sucessões compostas por basalto tabular, representando a base do derrame, seguido por basalto colunar, que representa o meio do derrame, e basalto vesicular/amigdaloidal, marcando o topo do pacote. Entretanto, nem sempre os derrames tabular e vesicular/amigdaloidal são encontradas em associação com o derrame colunar. Como os dois primeiros não são tão maciços quanto o basalto colunar, são de mais fácil alteração, facilitando sua possível situação de encobrimento por solo e vegetação, ou, no caso dos basaltos da parte superior dos perfis, a litofácies de topo de derrame já pode estar inteiramente erodida.

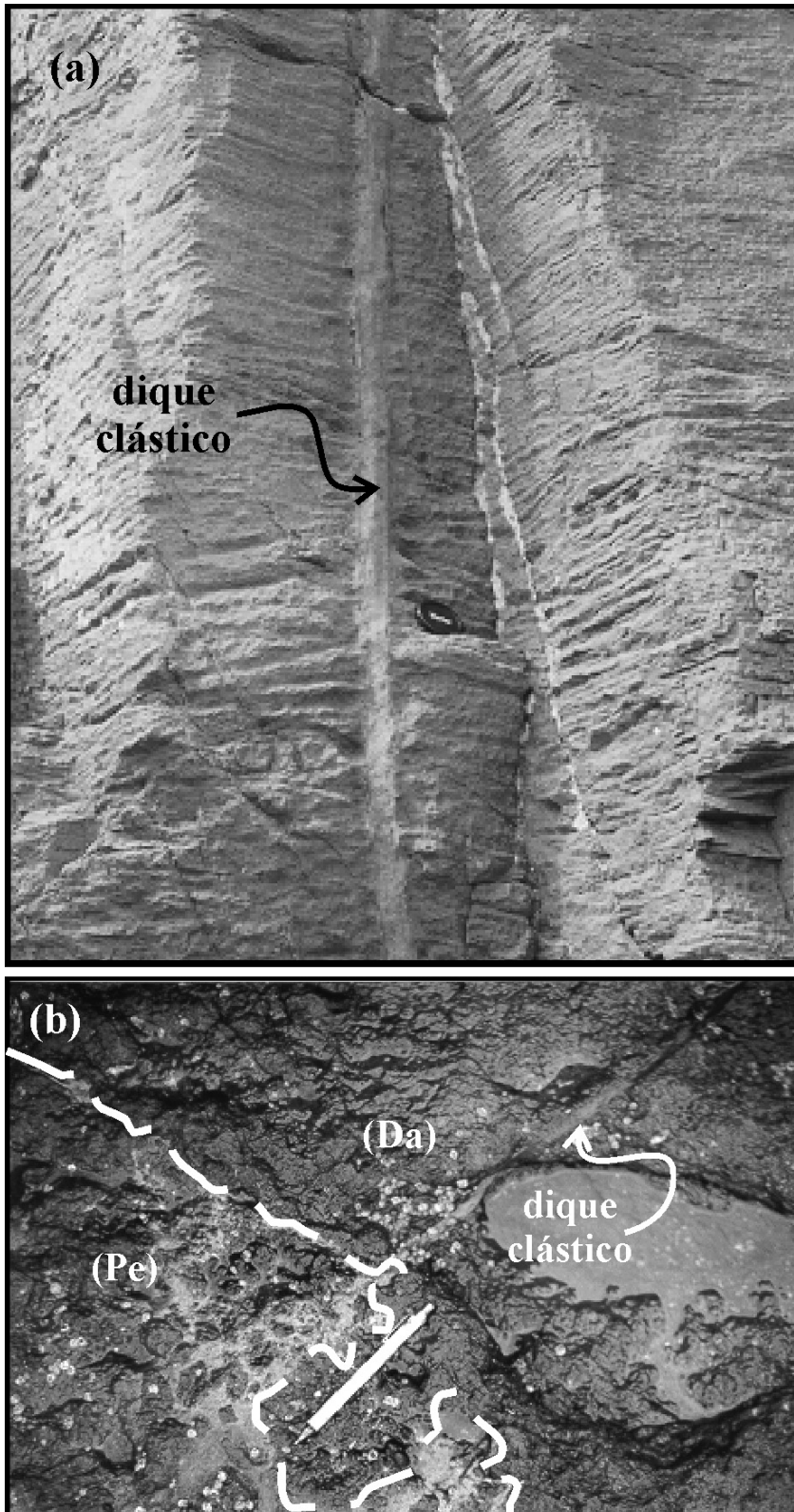


Figura 5. Aspecto geral dos diques clásticos: **A**, cortando fácies de meio de derrame, Morro das Furnas; **B**, ligando bolsões de peperito em fácies de topo de derrame, Morro das Furnas. (Da) - derrame vesicular/amigdaloidal; (Pe) - peperito

ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES 2: ARENITOS

Arenitos ocorrem somente em três dos pontos descritos (S02, S04 e S12, Figura 1) e podem ser de dois tipos, caracterizados por um único *set* com estratificação plano-paralela (Figura 4A) ou por mais de um *set* com estratificação cruzada acanalada de grande porte (Figura 4B). No primeiro caso, suas espessuras não ultrapassam 1,5 m, enquanto que no segundo, que ocorre em apenas um ponto de descrição (S-12, Figura 1), a espessura é de ao menos três metros, sendo que a base do pacote encontra-se encoberta, o que não permite a visualização da espessura total da camada.

A litofácies de arenito com estratificação cruzada acanalada de grande porte, composta por areia média muito bem selecionada, sugere claramente uma duna eólica. Dada a total ausência de níveis de interduna pelíticos, assume-se um ambiente extremamente árido, o que vem ao encontro com o proposto pela literatura (Faccini, 1989; Scherer, 1998; Sherer *et al.*, 2000).

A litofácies de arenito com estratificação plano-paralela, também composta por areia média, muito bem selecionada, pode representar os lençóis de areia descritos por Scherer (2000) para a Formação Botucatu. Este fato fica ainda mais claro quando se observa que esta litofácies ocorre em áreas baixas do paleo-relevo, preenchendo depressões da superfície do derrame e do peperito que recobrem, em uma tentativa de horizontalizar a superfície disponível para a sedimentação.

ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES 3: INTERAÇÕES VULCANO-SEDIMENTARES

Como feições de interação vulcano-sedimentar podemos citar a presença de diques clásticos, estrias no topo de arenitos e a formação de peperitos. As estrias no arenito serão mais bem descritas no capítulo referente às relações de contato entre as diferentes unidades.

Diques clásticos. Petrograficamente, o arenito que os constitui é o mesmo das

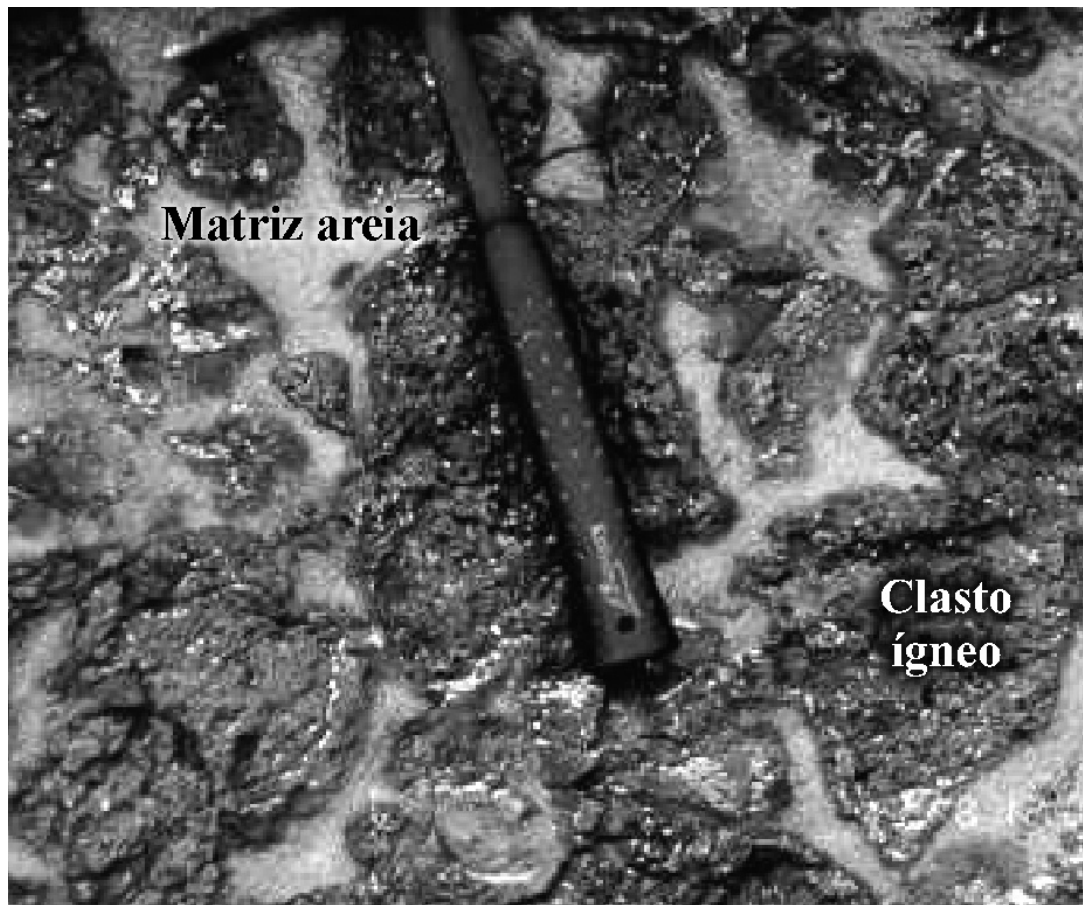


Figura 6. Aspecto geral do peperito em Torres, mostrando os clastos ígneos imersos na matriz de areia eólica. Morro do Farol.

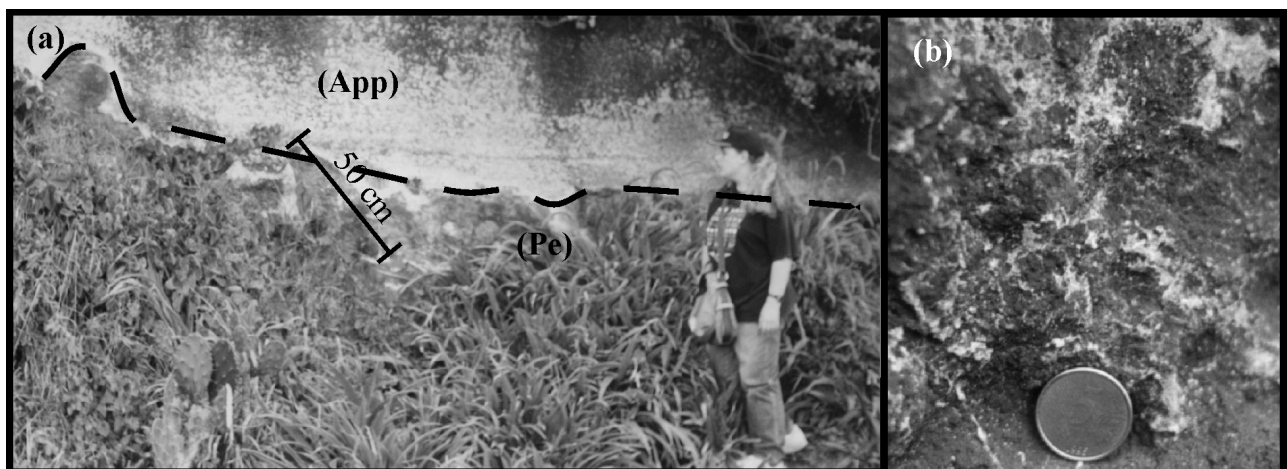


Figura 7. Peperitos com diferentes tamanhos de clasto basáltico. A. Os maiores clastos podem atingir até 50 cm, aparecendo aqui recobertos por arenito, Morro do Farol; B. Os clastos menores ficam na ordem de apenas alguns milímetros, Morro das Furnas. (App) - arenito com estratificação plano-paralela; (Pe) - peperito.

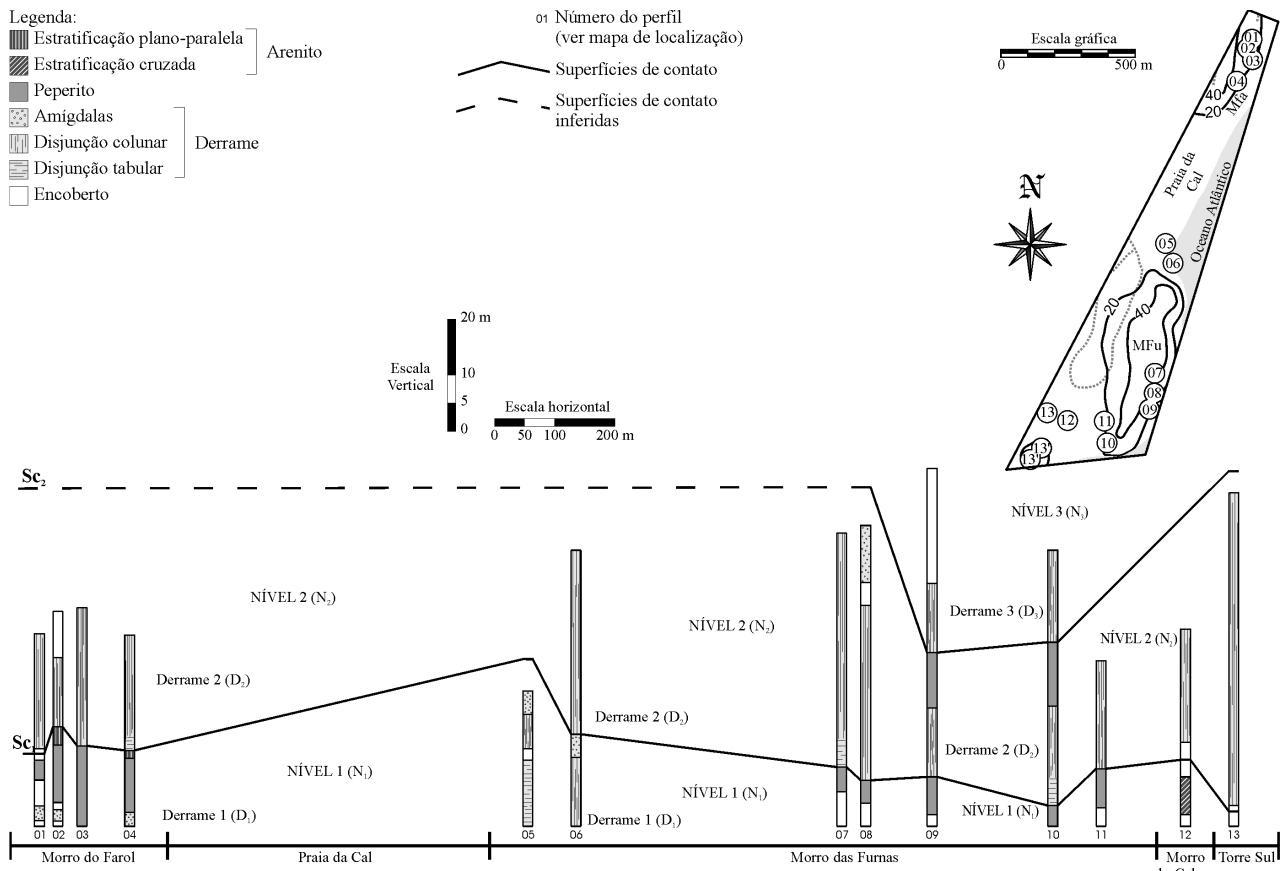


Figura 8. Esquema do empilhamento das diversas unidades nas seções trabalhadas e suas correlações laterais. O datum utilizado foi o nível médio do mar no local.

litofácies de arenito. Macroscopicamente, é possível identificar uma coloração mais avermelhada nas bordas dos diques, dada a uma presença mais intensa de óxidos de ferro.

Foram identificados dois tipos de diques clásticos, os diques de preenchimento e os de injeção (Figura 5). Os diques clásticos de preenchimento estão associados, principalmente, à litofácies de meio de derrame. Estes diques representam o preenchimento de disjunções no basalto após seu resfriamento. Estas disjunções podem ser tanto as características disjunções por contração durante o resfriamento quanto fraturas e/ou falhas de origem tectônica, especialmente no caso dos diques mais espessos (>3 cm).

Os diques clásticos de injeção são predominantemente encontrados na litofácies de topo de derrame e

freqüentemente estão associados a bolsões de peperito, interligando-os entre si ou às lentes de arenito. Estes diques são produto da injeção de areia para dentro do derrame, durante seu fluxo, dado o peso do pacote ígneo e sua própria movimentação. Assim, quando a areia injetada encontra porções rúpteis, mais quebradiças do derrame, dá origem aos diques clásticos de injeção. Quando esta mesma areia atinge porções mais quentes, ainda plásticas, formam-se peperitos.

Peperito. As ocorrências de peperito (Figura 6) podem ser encontradas em quase todas as seções, estando ausentes somente em quatro pontos, no centro e no extremo sul da área.

O termo peperito, conforme empregado atualmente, é de cunho genético e refere-se a rochas formadas no momento de um derrame ou intrusão ígnea, por desintegração da lava (ou

magma) e mistura com sedimentos inconsolidados ou pouco consolidados (White *et al.*, 2000). Classicamente, mas não exclusivamente, estes processos de desintegração magmática se dão na presença de água ou sedimentos saturados, facilitando o processo de desintegração através de explosões hidromagmáticas. Dificuldades na identificação dos processos genéticos dos peperitos demandam cautela no emprego deste termo (Cas e Write, 1988).

A ocorrência de peperitos em ambientes secos não é comumente relatada, tendo Jerram e Stollhofen (2002) e Scherer (1998) apenas utilizado o termo “tipo peperito” para estas ocorrências na Bacia de Etendeka, na Namíbia. Entretanto, a presença de água não é um fator condicionante ao emprego do termo, uma vez que a definição do mesmo somente sugere a presença de água no

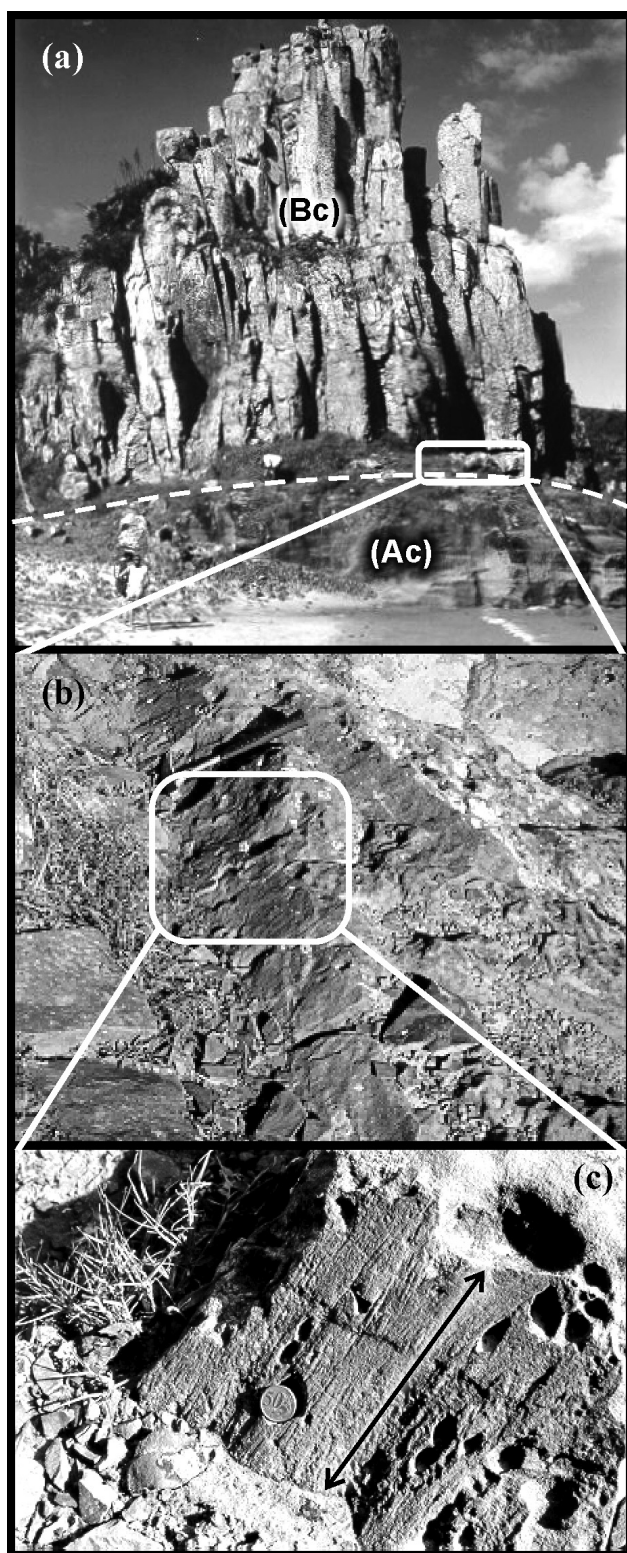


Figura 9. Estrias de fluxo do derrame sobre o arenito. **A.** Aspecto geral da seção onde ocorrem as estrias, Morro das Cabras (S-12); **B.** Superfície de contato, topo do arenito; **C.** Estrias de fluxo, a seta marca a direção do fluxo. (Bc) - derrame com disjunção colunar; (Ac) - arenito com estratificação cruzada.

sistema (White *et al.*, 2000).

Os peperitos, em Torres, são compostos por matriz na fração areia, a mesma vista nos arenitos. A coloração mais avermelhada adquirida pela matriz no contato com os clastos é devida a uma maior presença de óxidos de ferro. Os clastos ígneos encontrados nos peperitos variam de tamanho desde alguns milímetros até 50 cm (Figura 7), e correspondem a basaltos vesiculares ou amigdaloidais, provenientes do topo ou da frente dos derrames, com bordas vítreas, de rápido resfriamento.

As diferentes morfologias encontradas nos clastos ígneos, variando de angular a fluidal (Skilling *et al.*, 2002), evidenciam que durante seu processo de formação partes da lava encontravam-se ainda plásticas, enquanto que outras partes já estavam bastante resfriadas.

Além do processo de injeção de areia, descrito para os diques clásticos, também o processo de auto-brecha de derrame é importante na formação dos peperitos em Torres, sendo o responsável pela geração dos maiores pacotes (>1 m de espessura). Neste caso, a tração da frente e base do derrame seria responsável pela remobilização e mistura dos clastos ígneos com o sedimento inconsolidado disponível.

DESCRIÇÕES DOS PERFIS VERTICAIS

As diferentes litofácies presentes na área de estudo encontram-se sobrepostas de distintas maneiras, apresentando variações tanto vertical quanto lateral. Da mesma forma, as relações de contato entre as diferentes litologias são bastante específicas, de acordo com a sucessão de litofácies em questão. A partir das descrições dos perfis, foi possível definir as diferentes relações de contato entre as litologias, o que viabilizou a elaboração de um modelo estratigráfico, apresentando a sucessão de unidades encontradas na área.

A Figura 8 ilustra, por meio das seções colunares, as sucessões encontradas nos diferentes pontos de descrição. A predominância dos derrames sobre os

demais litotipos fica evidente, bem como a escassa presença dos arenitos. Ainda que na porção sul da área seja possível verificar apenas uma ocorrência de arenito, esta é muito mais espessa que as ocorrências da porção norte da área. Os peperitos aparecem em apenas um nível na parte norte, com ocorrências de arenito associadas a seus topos, e em dois níveis, separados por derrames, na parte sul da área em estudo, desaparecendo no extremo sul, nos dois últimos pontos.

As seções 01 a 04 foram descritas ao longo do Morro do Farol e, portanto, apresentam sucessões litofaciológicas bastante similares. Da mesma forma, as seções 05 a 11 foram descritas no Morro das Furnas, com as seções 05 e 06 na face norte, seções 07 a 09 na face leste e seções 10 e 11, na face oeste. A seção 12 foi descrita no Morro das Cabras e a seção 13, na Torre Sul (Figura 1). As similaridades entre estas seções são dadas, principalmente, pela continuidade lateral dos níveis.

Morro do Farol. A primeira seção (S01) é constituída por dois níveis de derrame intercalados por um nível de peperito de 1,7 m de espessura (Figura 8). O nível de derrame da base da seção, de 1,2 m de espessura, é bastante vesicular/amigdaloidal, o que indicaria a proximidade com o topo do derrame, enquanto que o segundo nível de derrame da seção, de 10 m de espessura, apresenta a disjunção colunar característica da porção intermediária do pacote ígneo.

Na segunda seção (S02), além da repetida presença de dois níveis de derrame intercalados por peperito, foi identificada a presença de uma lente de arenito acima do peperito. Os dois níveis de derrame mantêm as relações vistas na seção anterior, sendo que o nível de baixo apresenta uma espessura de cerca de 1 m, e o nível de cima, 6 m. O peperito, com uma espessura de 5 m, aparece logo acima do nível de derrame basal, já aqui deixando evidente a diminuição do tamanho dos clastos de basalto com a aproximação do nível de derrame que lhe deu origem. Segue, então, o arenito, recobrimdo o peperito, com pouco mais de 1,5 m de espessura e aparente estratificação plano-paralela. Sua forma parece preencher o

paleo-relevo deixado pelo peperito (Figura 6).

Na terceira seção (S03), desaparece novamente o arenito. O nível de derrame inferior também não está mais presente, encontrando-se, provavelmente, encoberto, e o peperito ganha em espessura, atingindo cerca de 7 m. O nível de derrame superior, ainda marcado pela disjunção colunar, apresenta aqui uma espessura de cerca de 12 m.

A quarta seção (S04), última descrita ao longo do Morro do Farol, marca a volta do arenito. O nível de derrame inferior volta a aflorar, agora com uma espessura de cerca de 1,2 m e mais vesicular/amigdaloidal que o descrito nas seções 01 e 02. O peperito que o segue mantém-se o mesmo da seção anterior, agora com uma espessura menor, de pouco menos que 5 m. Segue, então, nova ocorrência de arenito, novamente com estratificação plano-paralela, e com uma espessura de menos de um metro (0,7 m). Os 10 m do nível de derrame que segue o arenito são marcados por uma disjunção colunar um pouco mais fraca, dando lugar à disjunção horizontal nos primeiros dois metros, o que caracterizaria a base do derrame. O contato entre o nível de derrame inferior e o peperito é vertical, o que evidencia uma forte influência da variação horizontal nas sucessões litológicas. Este contato vertical será discutido mais adiante em detalhe.

Morro das Furnas. A seção 05 apresenta uma seqüência de base, meio e topo de derrame, sem intercalações de peperito ou arenito (Figura 8). O primeiro nível, com cerca de 5,7 m, apresenta disjunção tabular e, em alguns pontos, estruturas de fluxo, representando a base da seqüência. O nível seguinte, de 3 m de espessura, representa o meio do derrame, marcado pela disjunção colunar. O topo do derrame vem representado pelo nível seguinte, de 2 m de espessura e marcado pela intensa presença de amígdalas. A pouca espessura da fácies de meio de derrame, quando comparada com a espessura da mesma fácies em outras seções, evidencia tratar-se de um derrame de menor potência, ou de uma porção mais lateral ou frontal do derrame, de menor espessura total.

A seção 06 foi descrita à distância, com

o uso de binóculos, pois não é acessível por terra. Assim, não foi possível obter dados mais detalhados da seção, especialmente aqueles que dizem respeito à textura da rocha. A sucessão parece marcar o contato entre dois derrames, o derrame da base, com espessura aflorante de cerca de 15 m, marcado, nos últimos 2 m, pela presença de amígdalas e o superior, de ao menos 16 m, marcado pela disjunção colunar.

As seções ao longo do Morro das Furnas, excetuando-se as duas primeiras, no extremo norte do morro, já mencionadas, se caracterizam pela presença de um nível de peperito na base. Em duas seções, na porção mais sul do morro, chegam a aparecer dois níveis de peperito. A ausência de arenitos também marca estas seções.

A seção 07 inicia com um pacote de pouco mais de 2 m de peperito que é “intrudido” por um bolsão de derrame vesicular/amigdaloidal (que por sua pequena extensão lateral não foi representado na Figura 8), mostrando um contato bastante plástico com o peperito. Sobre este conjunto, encontra-se um pacote de cerca de 20 m de derrame com disjunção colunar, e disjunção horizontal nos primeiros metros do pacote. A base deste nível também mostra uma plasticidade no contato com o peperito e uma forte alteração em tons de vermelho e laranja nesta superfície de contato, que parece acompanhar o paleo-relevo do peperito.

Também marcada pela presença de peperito na base, em um pacote de cerca de 2 m de espessura, a seqüência da seção 08 é complementada por um nível de meio de derrame, com disjunção colunar, de pouco mais de 15 m e um nível de derrame vesicular/amigdaloidal de cerca de 5 m. O peperito que aparece aqui é constituído, em alguns pontos, apenas por bolsões dentro de um nível de derrame bastante vesicular/amigdaloidal.

As seções 09 e 10 são bastante similares e ambas marcadas pela presença de dois níveis de peperito. As seções iniciam por um nível inferior de peperitos, com pouco mais de 3 m na seção 09 e apenas 1,8 m na seção 10. Segue um nível de derrame

marcado pela disjunção colunar, com espessuras de cerca de 6 m na seção 09 e 8,5 m na seção 10, onde ocorre também a disjunção horizontal, nos primeiros 5 m do pacote. O segundo pacote de peperito apresenta espessuras de 5 m, na seção 09, e 6 m, na seção 10. O nível que termina a seqüência é um nível de meio de derrame, com disjunção colunar, e com espessuras que alcançam 6 m na seção 9 e 8 m na seção 10. O nível de derrame inferior da seção 10 apresenta, na base do pacote, textura porfírica com ripas de plagioclásio, sendo o único ponto em que esta textura foi observada. Todo o restante das ocorrências de derrame apresenta textura afanítica. Também neste ponto da seção existem evidências de forte presença de mineral magnético no derrame, chegando a interferir nos trabalhos realizados com bússola magnética.

A seção 11 apresenta novamente apenas um nível de peperito, na base da seção, com uma espessura de pouco mais de 4 m. O nível de derrame, com disjunção colunar, que segue o peperito alcança uma espessura de quase 10 m. Por ter sido também descrita à distância, não é vertical, o que evidencia uma forte influência da variação horizontal nas sucessões litológicas. Este contato vertical será discutido mais adiante em detalhe.

Parque da Guarita: A seção 12, no Morro das Cabras, é marcada pela volta do arenito, aqui com uma espessura de 3,5 m e com estratificações cruzadas de grande porte (Figura 8z). O nível de derrame que segue, com marcante disjunção colunar, apresenta uma espessura de cerca de 10 m. Estrias de fluxo do derrame marcam a superfície de contato entre as duas litologias e serão mais bem detalhadas no item seguinte.

A seção 13, na Torre Sul, última seção, é composta apenas por um nível, de meio de derrame, marcado pela disjunção colunar e que apresenta uma espessura de quase 30 m. As seções secundárias 13' e 13'' foram marcadas apenas como forma de controle da localização da borda da Torre Sul, composta somente por um nível de derrame.

ESTRATIGRAFIA LOCAL E SUCESSÕES GENÉTICAS

As relações de contato entre as diferentes unidades foram determinadas através das observações de campo, tomando como base as diferentes sucessões observadas. O tipo de contato entre duas unidades pode mudar conforme muda a ordem de sucessão entre elas, ou seja, a relação de contato é dada não só pelas litologias envolvidas, mas também pela ordem em que estas se sucedem.

No caso dos arenitos, foram identificados contatos basais com os peperitos e contatos superiores com os derrames. No primeiro caso, o contato é bastante abrupto, entretanto, não existe uma superfície de contato, uma vez que a areia que compõe a matriz do peperito é a mesma que compõe o arenito e as duas apresentam-se de maneira contínua. Assim, a única evidência da passagem de uma unidade para a outra é o repentino desaparecimento dos clastos juvenis de basalto, que caracterizam o peperito.

Quando o basalto sucede o arenito, o contato é também abrupto, mas neste caso marcado por uma superfície de contato facilmente identificável. O arenito é afetado por esta sucessão de rochas tão distintas, apresentando uma leve modificação na sua coloração que, da mesma forma que nas bordas dos diques clásticos, não é identificável microscopicamente, seja por uma variação mineral, fusão total ou parcial dos grãos ou mudança no cimento. O fluxo do basalto sobre o arenito deixa ainda estrias que indicam a direção de fluxo do derrame (Figura 9). Estas estrias foram observadas somente em um ponto (S-12), onde o arenito não se encontra associado a peperitos. Constituem-se por sulcos de poucos milímetros de profundidade e pouco espaçadas entre si (alguns milímetros até um centímetro).

O contato da base dos derrames com os peperitos é sempre abrupto, com uma superfície de contato bastante nítida, podendo evidenciar a plasticidade do basalto no momento de sua colocação, ou ainda, podendo marcar um contato

totalmente vertical, demonstrando a importância das sucessões laterais na compreensão dos eventos que deram origem às rochas da área em estudo.

Quando é o peperito que sucede o basalto, o contato é da mesma forma abrupto, mas a tendência é de que apresente superfícies mais horizontalizadas e regulares, sendo eventuais irregularidades fruto da superfície superior do derrame.

O contato entre dois derrames ocorre apenas de maneira isolada, no centro da área (Morro das Furnas, face leste) e não pode ser estudado em detalhe devido à falta de acesso aos paredões onde este contato ocorre. Entretanto, a superfície que marca este contato é bastante nítida e regular, podendo ser traçada por uma longa extensão.

É possível perceber a existência de duas superfícies de contato (Sc_1 e Sc_2), que delimitam as unidades da área em três níveis (N_1 , N_2 e N_3 , Figura 8). Esta superfície de contato foi delimitada levando-se em consideração a base dos derrames, uma vez que sua ocorrência marcaria uma interrupção do ciclo sedimentar, marcado pela ocorrência de lentes de arenito em algumas das seções. Dessa forma, temos, na área de trabalho, três pacotes que representam três ciclos de derrame, formação de peperito e deposição de arenito.

O primeiro nível (N_1 , Figura 8) é limitado no topo pela Sc_1 , não sendo possível identificar a base do pacote. Este nível é composto de basaltos, peperito e arenito. O derrame que o compõe aparece somente na porção norte da área, representado pela litofácies de basalto vesicular/amigdaloidal no Morro do Farol e por toda a associação de fácies de basalto na porção norte do Morro das Furnas. As ocorrências de peperito que seguem são encontradas em quase todas as seções, mostrando uma significativa continuidade lateral, especialmente no Morro do Farol. Todas as ocorrências de arenito da área encontram-se também neste nível.

O segundo nível (N_2) é limitado na base pela Sc_1 e no topo, pela Sc_2 (Figura 8). A litofácies de basalto com disjunção tabu-

lar não foi delimitada nas seções, pois, mesmo onde esta ocorria, a disjunção colunar era também bastante marcante. Assim, dada a abundância da litofácies de basalto com disjunção colunar, pode-se considerar como base de derrame as porções inferiores desta litofácies, onde a disjunção tabular ocorre de forma mais incipiente. A ocorrência de apenas duas lentes de peperito, restritas ao sul do Morro das Furnas, pode estar indicando que os depósitos sedimentares do N_1 (depósitos eólicos de origem da areia dos peperitos do N_2) são menores que os do nível subjacente (não aflorante na área, o que impossibilita a verificação desta comparação). Entretanto, a ausência de lentes de arenito intertrápico pode indicar ou um curto intervalo de tempo entre o derrame do N_2 e o do N_3 , ou uma redução na disponibilidade de areia para o sistema eólico, talvez já causada pelo início do afogamento do sistema pelos derrames, o que estaria de acordo com a interpretação dada para a redução dos peperitos neste nível.

Apenas a base do N_3 , o nível superior, ocorre na área. É representado por basaltos predominantemente com disjunção colunar, com disjunção tabular associada à base e ocorre somente no sul do Morro das Furnas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presença de arenitos intertrápicos sugere uma contemporaneidade entre os ambientes vulcânico e sedimentar. A ausência de clastos ígneos nos arenitos comprova o curto intervalo de tempo entre cada derrame, durante o qual não foi possível gerar, a partir dos basaltos, sedimentos finos o suficiente para serem transportados pelo vento. O mesmo curto intervalo de tempo não propiciaria a litificação dos arenitos depositados neste intervalo. As estrias vistas no topo do arenito são outra prova de que as areias encontravam-se inconsolidadas no momento dos derrames, como o são os peperitos e os diques clásticos de injeção, que só se formam na presença de sedimentos inconsolidados.

Um curto intervalo de tempo ou uma

escassez na fonte fornecedora de areia para o sistema eólico podem, contudo, impossibilitar a formação de dunas entre dois derrames. A ausência de sedimento (areia) no topo de um derrame, conseqüentemente, impossibilitaria a formação de peperitos pelo derrame seguinte. Uma vez que a diminuição nas espessuras e freqüência dos peperitos do N_2 , em relação ao N_1 , podem significar que, para a formação do peperito do segundo nível, a quantidade de sedimento intertrápico disponível já era menor do que para a formação do peperito do primeiro nível. Isto corrobora a hipótese de diminuição no fornecimento de areia para o sistema eólico, que se daria gradativamente, com a instalação dos derrames que cobrem cada vez uma maior extensão da área do deserto de Botucatu.

Quanto ao real posicionamento estratigráfico dos arenitos de Torres, é correto afirmar que todas as ocorrências representam lentes de arenito intertrápicos da Formação Serra Geral. As lentes de arenito que aparecem no norte da área, no Morro do Farol, são claramente intertrápicos, uma vez que é possível ver os derrames logo abaixo delas, o que não acontece com a seção 12, no Morro das Cabras, onde o arenito é a base da seqüência visível. Entretanto, de acordo com as superfícies de contato traçadas, o arenito do Morro das Cabras pertence ao mesmo nível que os arenitos do Morro do Farol (N_1), sendo, portanto, igualmente embasado por derrames de lava e sendo posicionado, estratigraficamente, como um arenito intertrápico da Formação Serra Geral.

Assim, a geologia de Torres retrata uma sucessão de três eventos ígneos (D_1 , D_2 e D_3), sempre sobre um substrato com elementos de origem sedimentar. A ocorrência das interações vulcano-sedimentares comprova a disponibilidade de sedimento inconsolidado no momento dos derrames. Este sedimento é provido pela deposição de areia eólica em ambiente extremamente árido, sem a presença de água. Com a diminuição na ocorrência de tais sedimentos intertrápicos fica clara também a gradual

substituição do sistema eólico por um sistema vulcânico.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPERGS, pelo apoio, tomando o presente trabalho como área tipo dentro do projeto “Estudo integrado das rochas vulcano-sedimentares da Bacia do Camaquã: a distribuição tempo-espaco dos elementos e a sua importância econômica, RS – Brasil” (nº 01/0881.5). Agradecem também ao Dr. Claiton M. S. Scherer e ao Dr. Carlos A. Sommer, pelas excelentes discussões e contribuições, como banca avaliadora do trabalho de conclusão de curso que deu origem ao presente trabalho, e ao revisor anônimo e ao Dr. Wilson Wildner pelas sugestões feitas na revisão do trabalho.

REFERÊNCIAS

- CAS, R.A.F. e WRITE, J.V. 1988. *Volcanic successions, modern and ancient*. Allen and Unwin, London, 528 p.
- FACCINI, U.F. 1989. *O Permo-Triássico do Rio Grande do Sul: Uma análise sob o ponto de vista das seqüências deposicionais*. Porto Alegre, RS. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 121 p.
- JERRAM, D.A. e STOLLHOFEN, H. 2002. Lava-sediment interaction in desert settings: are peperite-like textures the result of magma-water interaction? In: I.P. SKILLING; J.D.L. WHITE e J. McPHIE. (eds), *Peperite: processes*, p. 231-249.
- MILANI, E.J.; FACCINI, U.F.; SCHERER, C.M.; ARAÚJO, L.M. e CUPERTINO, J.A. 1998. Sequences and stratigraphic hierarchy of the Paraná Basin (Ordovician to Cretaceous), Southern Brazil. *Boletim de Geociências da USP, Série Científica*, 29:125-173.
- PETRY, K. 2003. *O vulcanismo Serra Geral em Torres, RS: feições de interação vulcano-sedimentares*. São Leopoldo, RS. Trabalho de Conclusão de Curso. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 51 p.
- PETRY, K.; ALMEIDA, D., del P.M. de; ZERFASS, H. e DANIELI, C. 2002. Dinâmica da interação de lavas e areias – Formação Serra Geral – Torres, RS, Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE VULCANISMO E AMBIENTES ASSOCIADOS, 2,

- Belém, 2002. *Boletim de Resumos*, p. 63.
- PETRY, K.; ALMEIDA, D., del P.M. de e ZERFASS, H. 2003a. O vulcanismo Serra Geral na região de Torres, Rio Grande do Sul: um modelo para interação de lavas e areias. *In: MOSTRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA*, UNISINOS, 2, São Leopoldo, *Boletim de Resumos Digital*.
- PETRY, K.; ALMEIDA, D., del P.M. de; ZERFASS, H.; FREITAS, R.M., de. 2003b. Evidências de interações vulcano-sedimentares na Formação Serra Geral: peperitos, diques clásticos e estrias de fluxo –Torres, RS. *In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA*, UFRGS, 15, Porto Alegre, *Boletim de Resumos Digital*, p. 42.
- ROISENBERG A. e VIERO, A.P. 2000. O vulcanismo mesozóico da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul. *In: M. HOLZ e L.F. De ROS (eds.), Geologia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, CIGO/ UFRGS. p. 335-354.
- SCHERER, C.M.S. 1998. *Análise estratigráfica e litofaciológica da Formação Botucatu (Neocomiano) no Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, RS. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 208 p.
- SCHERER, C.M.S., 2000. Eolian dunes of the Botucatu Formation (Cretaceous) in southernmost Brazil: morphology and origin. *Sedimentary Geology*, **137**:63-84
- SCHERER, C.M.S.; FACCINI, U.F. e LAVINA, E.L. 2000. Aracbouço estratigráfico do Mesozóico da Bacia do Paraná. *In: M. HOLZ & L.F. De ROS (eds.), Geologia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, CIGO/ UFRGS. p. 335-354.
- SCHERER, C.M.S. 2002. Preservation of Aeolian genetic units by lava flows in the Lower Cretaceous of the Paraná Basin, southern Brazil. *Sedimentology*, **49**:97-116.
- SKILLING, I.P.; WHITE, J.D.L. e McPHIE, J. 2002. Peperite: a review of magma-sediment mingling. *In: I.P. SKILLING; J.D.L. WHITE; J. McPHIE, (eds.). Peperite: processes and products of magma-sediment mingling*. Amsterdam, Elsevier. p. 1-17.
- STEWART, K.; TURNER, S.; KELLEY, S.; HAWKESWORTH, C.; KIRSTEIN, L. e MANTOVANI, M. 1996. 3-D, ⁴⁰Ar-³⁹Ar geochronology in the Paraná continental flood basalt province. *Earth and Planetary Letters*, **143**:95-109.
- WHITE, J.D.L.; McPHIE, J. e SKILLING, I.P. 2000. Peperite: a useful genetic term. *Bulletin of Volcanology*, **62**:65-66.