



**ARQUITETURA DE FÁCIES VULCÂNICAS DA FORMAÇÃO SERRA GERAL
NA REGIÃO DE FELIZ - CAXIAS DO SUL**

Porto Alegre, 2011

LUCAS DE MAGALHÃES MAY ROSSETTI

**ARQUITETURA DE FÁCIES VULCÂNICAS DA FORMAÇÃO SERRA GERAL
NA REGIÃO DE FELIZ - CAXIAS DO SUL**

Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Apresentado na forma de monografia, junto à disciplina Projeto Temático em Geologia III, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Professores Orientadores: Prof. Dr. Evandro Fernandes de Lima
Prof. Dr. Carlos Augusto Sommer

Porto Alegre, 2011

Rossetti, Lucas de Magalhães May

Arquitetura de fácies vulcânicas da Formação Serra Geral na Região de Feliz - Caxias do Sul. / Lucas de Magalhães May Rossetti - Porto Alegre : IGEO/UFRGS, 2011.

[65 f]. il.

Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia. - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2011.

Orientadores: Prof. Dr. Evandro Fernandes de Lima
Prof. Dr. Carlos Augusto Sommer

1. Arquitetura de Fácies Vulcânicas. 2. Formação Serra Geral. 3. Pahoehoe. 4.'A'a.

Catálogo na Publicação
Biblioteca Geociências - UFRGS
Renata Cristina Grün CRB 10/1113

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso “ARQUITETURA DE FÁCIES VULCÂNICAS DA FORMAÇÃO SERRA GERAL NA REGIÃO DE FELIZ - CAXIAS DO SUL”, elaborado por “LUCAS DE MAGALHÃES MAY ROSSETTI”, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Claiton Marlon dos Santos Scherer

Prof. Dr. Ruy Paulo Philipp

DEDICATÓRIA

Aos meus pais e aos meus irmãos.

AGRADECIMENTO

Aos meus pais, por sempre apoiarem as minhas escolhas e decisões. Obrigado por ensinarem que educação vem de berço, e pelo berço repleto de educação.

Aos meus irmãos por ensinarem tudo àquilo que por bom senso os pais não puderam ensinar.

Agradeço aos amigos que fizeram parte desta jornada, em especial aos amigos Uruguaiana, Gordo, Arigó, Matzem, Kid, Maringá, e Codorna, não só pela parceria geológica, mas pela amizade que se entende além do mundo das rochas.

Aos orientadores e amigos, Chinês e Sommer, pela oportunidade de desenvolver este trabalho, pelo companheirismo e paciência, pelos sábios conselhos e elucidações e por todo conhecimento passado. Obrigado por me apresentarem ao mundo da vulcanologia!

Agradeço em especial a Thaiza, presente em todos os momentos vividos durante estes cinco anos. Companheira para todas as horas. Obrigado pela compreensão, tua presença ao meu lado durante estes anos tornou esta caminhada muito mais agradável.

Ao CNPq pela bolsa de iniciação científica (IC 500862/2007-2009), e a FAPERGS (1007131) pelo apoio financeiro.

*“Escolhe um trabalho de que gostes, e não terás
que trabalhar nem um dia na tua vida.”*

Confúcio

RESUMO

A Província Basáltica Continental do Paraná-Etendeka registra o intenso vulcanismo do Cretáceo inferior que precedeu a fragmentação do supercontinente Gondwana. No Brasil estes litotipos estão agrupados estratigraficamente na Formação Serra Geral. Tradicionalmente investigações sobre estas rochas priorizaram a aquisição de dados geoquímicos e isotópicos, considerando a pilha vulcânica como uma monótona sucessão de derrames tabulares e espessos. O presente trabalho propõe a análise das características físicas deste vulcanismo aplicando conceitos de arquitetura de fácies vulcânicas, integrados a estudos petrográficos e geoquímicos. A área de estudo localiza-se no nordeste do estado do Rio Grande do Sul, onde efetuou-se um perfil na RS-122, entre as cidades de Feliz e Caxias do Sul. Organizou-se a partir da interface com a Formação Botucatu um arcabouço estratigráfico para as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral. Foram identificadas nos basaltos do tipo *pahoehoe* três fácies: fácies tabular, fácies composta anastomosada, e fácies *ponded*. Uma fácies lobular escoriácea nos derrames do tipo 'a'a, e duas fácies para as rochas ácidas: fácies de derrames tabulares e fácies de domos de lava. As fácies foram agrupadas em associações de fácies, que representam três estágios distintos do vulcanismo. A Associação de Fácies Básica I ocorre na base da sequência vulcânica, e agrupa derrames espessos (fácies *ponded*), nas depressões e vales interdunas, e lobos anastomosados (FCA) nas superfícies mais suavizadas. Os estágios iniciais do vulcanismo foram estabelecidos sob condições de baixas taxas de efusão. A Associação de Fácies Básica II é composta por derrames *pahoehoe* tabulares (~3m por derrame), sucedidos por derrames do tipo 'a'a (fácies lobular escoriácea). A mudança no estilo do vulcanismo de *pahoehoe* para 'a'a está relacionada a um aumento nas taxas de efusão, descartando-se o fator paleotopográfico. A Associação de Fácies Ácida marca a mudança do vulcanismo para sistemas ricos em SiO₂ e é representada pelo agrupamento das fácies de domos de lava e fácies de derrames tabulares. Petrograficamente é possível distinguir os diferentes tipos morfológicos de derrames básicos. Núcleos de derrames 'a'a possuem textura afanítica, interstetal e glomeroporfírica a base de cristais de plagioclásio, além de grande densidade populacional de micrólitos na matriz quando comparados a derrames *pahoehoe*. Estes últimos são texturalmente mais grosseiros, possuindo textura porfírica/glomeroporfírica envoltos em matriz fanerítica fina, microvesicular (*dikititaxítica*). O estudo detalhado de aspectos físicos do vulcanismo Serra Geral, mostrou-se fundamental na compreensão dos diferentes estágios que ocorreram durante a evolução da bacia. Correlações estratigráficas regionais entre derrames da Formação Serra Geral devem considerar o tipo morfológico das lavas e suas características físicas (reologia), derrames do tipo 'a'a, diferentemente das *pahoehoe*, não atingem grandes distâncias das áreas fonte.

Palavras-chave: Província Basáltica Continental. Formação Serra Geral. *Pahoehoe*. 'a'a. Estratigrafia de vulcânicas.

ABSTRACT

The Parana-Etendeka Volcanic Province records the volcanism of the lower Cretaceous that precedes the fragmentation of the Gondwana supercontinent. In Brazil, these rocks are stratigraphically grouped in the Serra Geral Formation. Traditionally, investigations of these rocks prioritized the acquisition of geochemical and isotopic data, considering the volcanic stack as a monotonous succession of tabular flows. This work provides a detailed analysis of the physical conditions of the emplacement of these volcanic rocks, applying the facies architecture integrated to petrographic and geochemical data. The study area is located in the northeast of Rio Grande do Sul state, in a cross-section at the RS-122 road, between the cities of Feliz and Caxias do Sul. A stratigraphic framework of the volcanic succession of the Serra Geral Formation was organized from the contact with Botucatu Formation. It were identified three facies from pahoehoe flows: tabular facies; compound-braided facies; and ponded facies. The lobular escoriaceous facies for the 'a'a flows, and two more facies for the silicic rocks: tabular silicic facies and lava dome facies. The facies were grouped into facies associations, which represent three distinct stages of volcanism. The Basic Facies Association I occurs in the base of the volcanic succession and groups thick pahoehoe flows from the ponded facies with lobes of compound-braided facies. The onset of volcanism is characterized by low effusion rates. The Basic Facies Association II consists of thicker pahoehoe flows (~3m) of tabular facies succeeded by 'a'a flows of the lobular escoriaceous facies. The change of volcanism conditions, from pahoehoe to 'a'a, is related to the increasing on the effusion rate. The Silicic Facies Association marks the change of the composition of volcanism to SiO₂-rich terms and is represented by lava dome facies and tabular silicic facies. Petrographically, is possible to distinguish 'a'a from pahoehoe flows. The 'a'a cores are plagioclase phyrlic, with glomeroporphyritic textures. All exhibit an intergranular or intersertal microcrystalline groundmass of plagioclase, clinopyroxene and opaque minerals (<<0,1 mm in diameter). The pahoehoe lavas differ from the 'a'a lavas in it, because they have a coarser-grained micro-crystalline groundmass. The pahoehoe flows are microcrystalline with glomeroporphyritic and diktytaxitic textures and a poor-plagioclase matrix. The detailed study of the physical aspects of the Serra Geral volcanism, was crucial in understanding the different stages of occurrence during the evolution of the basin. Regional stratigraphic correlation between flows of the Serra Geral Formation should consider the morphological type of lava and its physical characteristics (rheology). 'a'a flows, unlike pahoehoe, do not reach large distances from the sources.

Keywords: Continental Flood Basalt. Serra Geral Formation. *Pahoehoe*. 'a'a. Volcanic Stratigraphy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização da área de estudo, em destaque principal via de acesso do perfil e onde concentram-se os principais afloramentos. (Fonte: WEB. Google Maps).....	15
Figura 2 - Classificação das <i>LIPs</i> . (traduzida de Bryan and Ernst 2008)	16
Figura 3 – Mapa das <i>LIP's</i> , em destaque as Províncias Basálticas Continentais do Deccan, NAIP e Paraná-Etendeka. (modificado de Jerram & Widdwson, 2005)	17
Figura 4 – Mapa da PBC do Paraná-Etendeka (modificado de Turner <i>et al.</i> , 1994).....	18
Figura 5 - Fluxo <i>pahoehoe</i> com superfície em corda. (fonte: USGS)	21
Figura 6 – Derrame 'a'a, Havaí (fonte: USGS)	21
Figura 7 - Estruturas principais e morfologia dos derrames: (a) <i>Pahoehoe</i> ; (b) 'a'a (Modificado de Lockwood & Lipman, 1980).	22
Figura 8 - Seção esquemática da estruturação de derrame ácido sub-aéreo. A) O lado esquerdo mostra a textura interna e variações decorrentes da vesiculação, desvitrificação e fragmentação durante o fluxo. O lado direito mostra a orientação das foliações no fluxo e o depósito de brechas de talus na margem do fluxo. B) zonação textural interna do derrame. (Modificado de Fink & Manley, 1987; Duffield & Dalrymple, 1990; <i>in</i> Mcphie, 1993).....	23
Figura 9 - Mapa de pontos das atividades de campo. (base cartográfica e geológica: CPRM, 2006).....	28
Figura 10 - Arquitetura de fácies, associação de fácies. (modificado de Waichel <i>et al</i> , 2011)	32
Figura 11- Seção estratigráfica das rochas vulcânicas da Formação Serra Geral para o perfil Feliz - Caxias do sul, e a arquitetura de fácies relacionada.	33
Figura 12 - arquitetura das fácies; a-b) <i>ponded pahoehoe</i> ; c-d) lobos anastomosado.....	34
Figura 13 - a) marcas de onda preservadas no dorso de paleoduna da Formação Botucatu; b) brecha com textura peperítica, areia no espaço entre fragmentos de basalto vesicular; c) intertrap de arenito entre derrames básicos.	35
Figura 14 - Estruturação de derrame do tipo <i>ponded pahoehoe</i> , disjunção colunar fortemente desenvolvida.	36
Figura 15 - fotomicrografia da fácies <i>ponded pahoehoe</i> ;a) textura fanerítica fina, a nicóis paralelos; b-c) petrotrama rica em cristais de plagioclásio com augita intergranular, nicóis perpendiculares; d) textura glomeroporfírica, com fenocristais de plagioclásio e augita agrupados, nicóis perpendiculares.....	37
Figura 16 - a) empilhamento de lobos do tipo-p; b) <i>sheet flows</i> , derrames pouco espessos altamente vesiculados.	38
Figura 17 - fotomicrografia da fácies composta anastomosada.a) crosta superior de lobo <i>pahoehoe</i> , com fenocristais e micrólitos de plagioclásio contornados por uma matriz microcristalina vesiculada, preenchimento de nontronita, nicóis perpendiculares; b) textura glomeroporfírica, nicóis paralelos.	39
Figura 18- derrames <i>pahoehoe</i> da fácies tabular clássica; a) contato entre derrames marcado por vesículas em tubo na base do derrame superior, sobrepostos a topo vesicular de derrame inferior.b) setas marcam <i>vesicle sheets</i> , níveis vesiculares que marcam a inflação do derrame.	40

Figura 19 - Fotomicrografia da fácies tabular clássica; a) basalto microvesicular, composto por plagioclasio e augita, em verde celadonita como pseudomorfo de piroxênio, nicóis paralelos; b) textura glomeroporfírica, com agrupamento de cristais de plagioclasio em peneira, nicóis perpendiculares.	41
Figura 20 - Contato entre brecha de topo e brecha basal, em derrames do tipo 'a'a.	42
Figura 21 - a) autobrecha básica de, porção lateral de derrame 'a'a; b) detalhe em autobrecha básica, fragmentos com tamanhos variados e espaço entre fragmentos preenchido por zeólita e sílica.	42
Figura 22 - fotomicrografias da fácies lobular escoriácea;a) núcleo de derrame 'a'a, textura fanerítica muito fina(<<0,1mm) e grande quantidade de micrólitos de plagioclásio,nicóis paralelos;b) textura glomeroporfírica em matriz fanerítica muito fina, nicóis cruzados;c) fragmento fluidal gerado em fluxo autobrechado, nicóis paralelos; d) contraste entre porções com diferente cristalinidade em zona autobrechada, nicóis paralelos.....	43
Figura 23 - fotomicrografias da fácies lobular escoriácea; a) detalhe de vesículas alongadas em basalto hipocristalino, vesiculação comum em derrames do tipo 'a'a, nicóis paralelos; b) brecha em mosaico, fragmentos angulosos de basalto hipocristalino cimentados por zeólita e sílica, nicóis perpendiculares.....	44
Figura 24 - Contato entre topo escoriáceo de derrame 'a'a, e derrame tabular ácido.....	45
Figura 25 - fácies de domos ácidos.a) estruturação de domo com zona vesicular capeando núcleo de obsidiana; b) detalhe de zona vesicular, vesículas grosseiras alongadas segundo o fluxo; c) detalhe de obsidiana de porção interna do domo.....	46
Figura 26 - Estruturação tabular ressaltada por planos de alteração intempérica.	47
Figura 27 - a) textura glomeroporfírica caracterizada pelo agrupamento de piroxênio e plagioclásio, nicóis perpendiculares;b) textura vitrofírica com micrólitos de feldspato envoltos por matriz vítrea, nicóis paralelos;c) detalhe de esferulito, nicóis perpendiculares; d) bandamento de fluxo magmático, marcado por variações na quantidade de micrólitos de feldspato, nicóis paralelos;e) autobrechação na base do primeiro derrame ácido, nicóis paralelos;f) petrotrama rica em micrólitos de plagioclásio em matriz vitrea, nicóis perpendiculares.	48
Figura 28 - Classificação geoquímica em diagrama de alcalis vs sílica (after Le Bas, 1986)	49
Figura 29 - Classificação geoquímica de magma-tipo (modificado de Peate 1997) (campos em tons de cinza representam distribuição populacional das amostras do trabalho de Peate 1997).....	52
Figura 30 - Classificação geoquímica de sub-grupos para as rochas ácidas da FSG. a) Diagrama de variação Rb vs Zr (modificado de Nardy 2008); b) diagrama de discriminação dos sub-grupos das rochas ácidas do tipo Palmas.	52
Figura 31 - Estruturação das fácies nas diferentes porções das lavas ácidas. a) foliações verticais e onduladas nas porções centrais dos domos;b) estruturação na forma de derrames tabulares; c) modelo de posicionamento de grandes domos ácidos (modificado de Fink, 1983).....	54

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	JUSTIFICATIVA	11
1.2	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	12
1.3	OBJETIVOS	13
1.3.1	Objetivos Gerais	13
1.3.2	Objetivos Específicos.....	14
1.4	LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO.....	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	16
2.1	PROVÍNCIAS BASÁLTICAS CONTINENTAIS	16
2.2	PROVÍNCIA BASÁLTICA CONTINENTAL PARANÁ-ETENDEKA.....	18
2.3	FORMAÇÃO SERRA GERAL.....	19
2.4	VULCANOLOGIA FÍSICA E ARQUITETURA DE FÁCIES.....	20
2.4.1	Tipos de Derrames Básicos	20
2.4.2	Lavas Ácidas.....	22
2.4.3	Arquitetura de Fácies	23
3	METODOLOGIA	26
3.1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	26
3.2	ATIVIDADES DE CAMPO	27
3.3	PETROGRAFIA.....	29
3.4	GEOQUÍMICA	29
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
4.1	ARQUITETURA DE FÁCIES VULCÂNICAS.....	31
4.1.1	Associação de Fácies Básica I.....	34
4.1.2	Associação de Fácies Básica II.....	39
4.1.3	Associação de Fácies Ácida	44
4.2	CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA.....	49
4.3	IMPORTÂNCIA DOS DIFERENTES DERRAMES PARA A GÊNESE DA FORMAÇÃO SERRA GERAL.....	53
4.4	DIFERENÇAS PETROGRÁFICAS ENTRE AS ROCHAS BÁSICAS DA FORMAÇÃO SERRA GERAL.....	54
4.5	VULCÂNITOS ÁCIDOS DA FORMAÇÃO SERRA GERAL.....	56
5	CONCLUSÕES	57
	REFERÊNCIAS	59

APÊNDICE I - DESCRIÇÕES PETROGRÁFICAS

1 INTRODUÇÃO

As Províncias Basálticas Continentais (PBCs) resultam de enormes extravasamentos de lava, em geral de afinidade toleítica, em períodos de tempo relativamente curtos através de fissuras em litosfera com crosta continental (Self *et al.*, 1998). As PBCs foram formadas principalmente durante os períodos Mesozóico e Cenozóico sendo a gênese em geral relacionada com a formação e fragmentação de supercontinentes.

As pesquisas recentes sobre as PBCs indicam uma história tectono-magmática particular para cada uma delas, que envolve principalmente diferentes proporções de tipos morfológicos de lavas básicas.

Atualmente diversos autores (Jerram, 2002; Single & Jerram, 2004; Passey & Bell, 2007; Brown *et al.*, 2011; Waichel *et al.* 2011) consideraram estas sucessões vulcânicas como sendo constituídas por uma complexa arquitetura de fácies gerada por importantes modificações nas taxas de efusão e alimentação magmática além de influência da paleotopografia.

Este vulcanismo freqüentemente sucede rochas sedimentares preservando informações importantes sobre o paleoambiente e as condições físicas nas quais foi formado. (Jerram *et al.*, 2000a).

O presente trabalho propõe uma abordagem detalhada nos aspectos físicos deste vulcanismo, integrando a arquitetura de fácies com dados petrográficos e geoquímicos para a região nordeste do estado do Rio Grande do Sul.

1.1 JUSTIFICATIVA

Estudos enfatizando aspectos vulcanológicos da Formação Serra Geral, como morfologia dos derrames, associações de fácies, estruturas e texturas, paleotopografia e taxas de efusão, são relativamente raros e recentes (Waichel *et al.*, 2011, Lima *et al.*, 2011). Em contapartida é farta a bibliografia sobre os aspectos geoquímicos (Melfi *et al.*, 1988; Bellieni *et al.*, 1984; Mantovani *et al.*, 1985; Peate *et al.*, 1992; Peate, 1997), e geocronológicos (Renne *et al.*, 1992; Turner *et al.*, 1994; *in*

Milner *et al.*, 1995) onde a sucessão vulcânica desta Formação é considerada como um conjunto de derrames tabulares e espessos (*layer cake stratigraphy*).

O presente trabalho propõe uma investigação da PBC do Paraná na região entre as cidades de Feliz e Caxias do Sul, focada na identificação dos tipos de derrames e o significado destas sucessões vulcânicas no tempo e espaço.

1.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

As Províncias Basálticas Continentais foram durante muito tempo consideradas como monótonas pilhas de lava basálticas, o que certamente explica a prioridade na obtenção de dados de geoquímica, geocronologia e de paleomagnetismo nestes estudos. Investigações sobre a morfologia e *emplacement* de lavas básicas foram realizadas inicialmente em PBC jovens como o Columbia River (Shaw & Swanson, 1970; Long & Wood, 1986; Self *et al.* 1996; Reidel, 1998; Thordarson & Self, 1998; Walker *et al.* 1999) e posteriormente ampliadas para províncias mais antigas: Paraná-Etendeka (Jerram, 2002; Single & Jerram, 2004; Waichel *et al.*, 2011); Deccan *Volcanic Province* (Keszthelyi *et al.*, 1999; Duraiswami *et al.*, 2001 e 2003; Bondre *et al.*, 2004, Brown *et al.*, 2011); Oregon Plateau (Bondre & Hart, 2008).

Historicamente as investigações da Formação Serra Geral construíram modelos simplificados para os fluxos básicos e ácidos. Os derrames foram entendidos como maços, tabulares, com grande extensão lateral, sem considerar o regime dos fluxos, os tipos de derrames e a capacidade de deslocamento lateral destes. A pesquisa de PBC deve, portanto, contemplar necessariamente os aspectos vulcanológicos básicos, como os tipos de derrames e a sucessão destes, para construção de uma estratigrafia coerente com os dados de campo.

A investigação de sucessões vulcânicas da Formação Serra Geral na área do projeto temático foi facilitada pelo grau de exposição destas rochas, o que permitiu estabelecer relações de contato, variações internas nos derrames e distribuição vertical e lateral das diferentes fácies vulcânicas. A área é cortada pela RS-122 (recentente duplicada), onde foram previamente identificados diversos derrames basálticos e referências estratigráficas de base (Formação Botucatu) e topo (rochas

vulcânicas ácidas da Formação Serra Geral). Os afloramentos estão parcial a totalmente preservados, o que permite a identificação de estruturas diagnósticas que tipificam os derrames além de relações de contato e empilhamento.

1.3 OBJETIVOS

A aplicação dos conceitos da vulcanologia física permite definir para sucessões vulcânicas estimativas nas variações na taxa de efusão, oscilações na periodicidade da alimentação magmática e a influência da paleotopografia no *emplacement* destas lavas. Considerando estas sucessões como sendo relacionadas a uma complexa arquitetura de fácies, a construção de um arcabouço estratigráfico detalhado pode fornecer importantes informações sobre as condições nas quais o vulcanismo se estabeleceu, e na forma como evoluiu.

1.3.1 Objetivos Gerais

O trabalho tem como objetivo a organização estratigráfica das sequências vulcânicas ao longo da RS-122, em um perfil de aproximadamente 50 km, entre as cidades de Feliz à Caxias do Sul, e a construção da arquitetura de fácies interna a partir da identificação dos tipos de derrames e representatividade destes na sucessão vulcânica. Adicionalmente são fornecidos dados e discussões sobre a geoquímica e os padrões petrográficos identificados para cada tipo morfológico de derrame.

1.3.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos destacam-se:

- 1- reconhecimento e identificação das estruturas vulcânicas internas e de superfície na definição do tipo de derrame (*pahoehoe* simples, composto, 'a'a, lava em bloco, domos de lava);
- 2- definição das fácies vulcânicas, e organização da sucessão de fácies.
- 3- construção de perfil estratigráfico do vulcanismo Serra Geral na área entre Feliz e Caxias do Sul;
- 4- caracterização petrográfica e geoquímica dos derrames;
- 5- Interpretação e integração dos dados de campo, petrográficos e geoquímicos de forma a identificar os parâmetros físicos e químicos do vulcanismo Serra Geral e de seu paleoambiente.

1.4 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área de estudo localiza-se na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul. De Porto Alegre o acesso é feito a partir da BR-116 até São Leopoldo em um trajeto de aproximadamente 25 km, tomando-se a RS-122 em um trecho de aproximadamente 40 km até a cidade de Feliz. As principais exposições de rocha são cortes de estrada na RS-122 a partir deste município até Caxias do Sul. (Fig. 1)



Figura 1 - Localização da área de estudo, em destaque principal via de acesso do perfil e onde concentram-se os principais afloramentos. (Fonte: WEB. Google Maps)

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

Neste capítulo são apresentadas uma revisão bibliográfica de conceitos essenciais para o entendimento das PBC e os dados referêntes ao contexto geológico regional da PBC do Paraná-Etendeka.

2.1 PROVÍNCIAS BASÁLTICAS CONTINENTAIS

As grandes províncias ígneas (*Large igneous Provinces - LIPs*) são sítios onde se concentram os maiores volumes de rochas vulcânicas na história da Terra. Estes volumes ($> 1000 \text{ km}^3$ de rochas máficas) e erupções de grande magnitude são responsáveis pela geração de imensos campos vulcânicos onde predominam derrames básicos ($10^4\text{--}10^5 \text{ km}^2$) e por vezes ácidos (Bryan *et al.*, 2010). Neste contexto estão inseridas as Províncias Basálticas Continentais, *greenstone belts* arqueanos, complexos intrusivos máfico-ultramáficos, platôs oceânicos e basaltos de fundo oceânico. A figura 2 apresenta a classificação proposta por Bryan & Ernst (2008) para as *LIPs*.

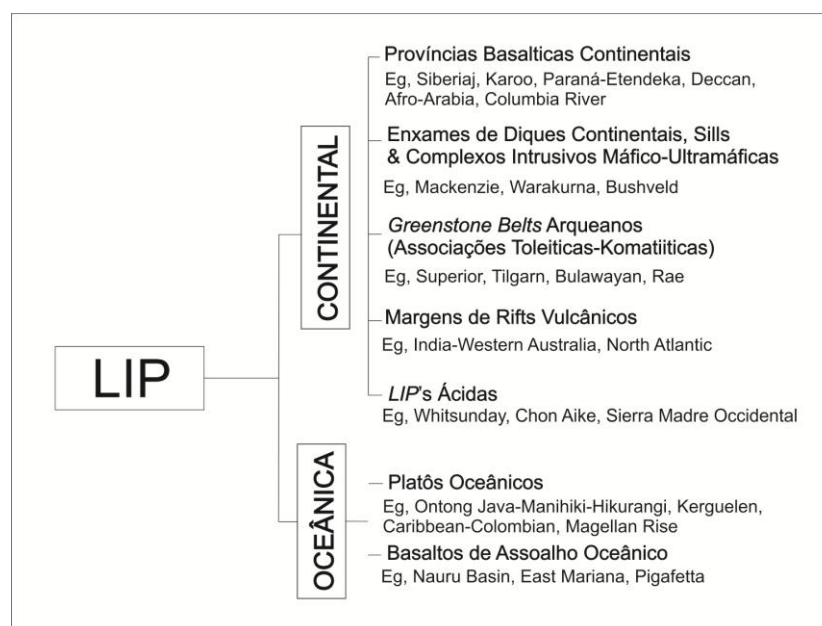


Figura 2 - Classificação das *LIPs*. (traduzida de Bryan and Ernst 2008)

As Províncias Basálticas Continentais constituem *LIPs* que resultam da extrusão de volumes de lava, superiores a 10^6 km^3 , em períodos de tempo relativamente curtos, em geral inferiores a 10^6 anos (Self *et al.*, 1998). Podem ser definidas como uma série de manifestações vulcânicas posicionadas sobre áreas continentais (Fig. 3). As PBC estão geralmente associadas com anomalias termais localizadas no manto superior (Ernst & Buchan, 2003, *in* Jerram & Widdowson, 2005). Estas são capazes de produzir um extraordinário grau de fusão (pluma?), que uma vez iniciado é fixado em um período de tempo, independentemente dos processos tectônicos ou outros movimentos que possam estar operando dentro da litosfera (Jerram & Widdowson, 2005).

As Províncias Basálticas Continentais estão distribuídas em todos os continentes do globo, com expressão areal significativa. Entre estas destacam-se: Deccan, Paraná-Etendeka, Columbia River, Siberian Traps, Karoo. A figura 3 é um mapa das províncias basálticas.

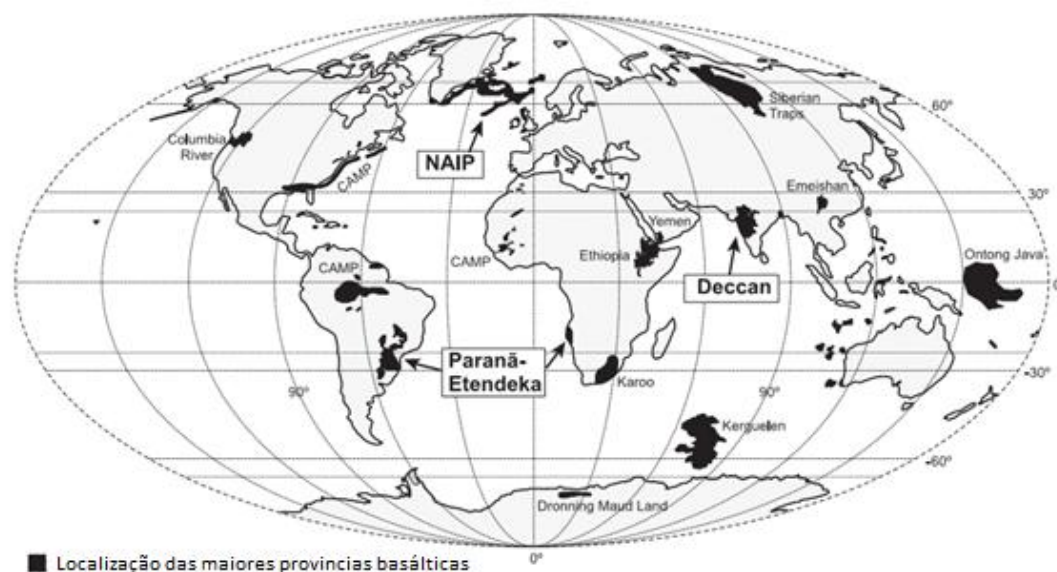


Figura 3 – Mapa das *LIP's*, em destaque as Províncias Basálticas Continentais do Deccan, NAIP e Paraná-Etendeka. (modificado de Jerram & Widdowson, 2005)

2.2 PROVÍNCIA BASÁLTICA CONTINENTAL PARANÁ-ETENDEKA

A PBC do Paraná-Etendeka representa uma das maiores manifestações do planeta. É caracterizada por um extensivo vulcanismo fissural do Cretáceo inferior que precedeu a fragmentação do supercontinete Gondwana. No Brasil os litotipos vulcânicos são reunidos estratigraficamente na Formação Serra Geral, definida por White (1908).

Cerca de 90% da PBC do Paraná-Etendeka encontra-se na América do Sul, cobrindo uma área de aproximadamente 1.200.000 km² sobre a Bacia do Paraná (75% da área desta bacia) (Fig. 4). O volume de lava é estimado em aproximadamente 790.000 km³ (Melfi *et al.*, 1988) e a altura da pilha vulcânica atinge 1.700 m no centro da bacia. Os 10% restantes desta província encontram-se em Etendeka (Namíbia), na África. Frank *et al.*(2009) propõe que a área ocupada por rochas vulcânicas da Bacia do Paraná seja de apenas 917.000 km², e o volume superior a 600.000 km³.

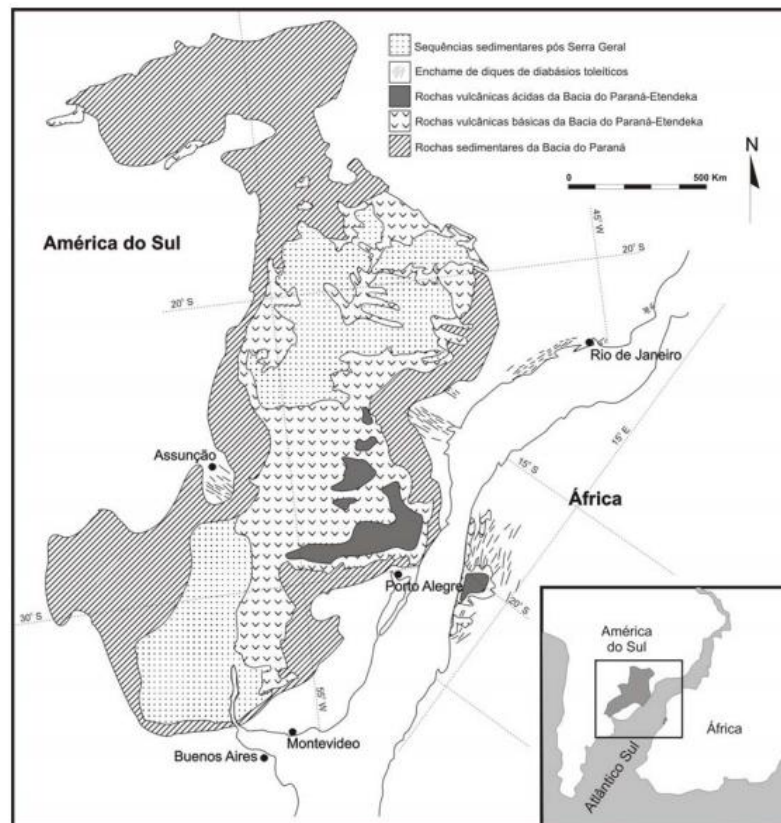


Figura 4 – Mapa da PBC do Paraná-Etendeka (modificado de Turner *et al.*, 1994).

2.3 FORMAÇÃO SERRA GERAL

A Formação Serra Geral (FSG) é composta predominantemente por basaltos e andesitos basálticos de afinidade toleítica (mais de 90% em volume). Efusivas de composição ácida ocorrem localmente no topo da sequência vulcânica, principalmente no sul do Brasil, nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Melfi *et al.*, 1988).

As primeiras manifestações do vulcanismo ocorreram sobre o sistema eólico ativo da Formação Botucatu, preservando localmente morfologias de dunas e feições sedimentares (Scherer, 2002; Waichel *et al.*, 2008; Holz *et al.*, 2008). A paleotopografia dos campos de dunas determinou em alguns casos a canalização de muitos derrames levando à formação de unidades *ponded* de aproximadamente 100m de espessura, como observado na base da Bacia Paraná-Etendeka na África por Jerram e Widdowson (2005). As intercalações de sedimentos tem sido fundamentais para preservar localmente texturas *pahoehoe* associadas a essas lavas precoces, indicando o seu modo de erupção (Jerram *et al.*, 2000a, b; Jerram & Stollhofen, 2002; Scherer, 2002).

Geoquimicamente as rochas básicas foram divididas em dois grupos com base nos conteúdos de TiO₂: basaltos alto Ti, com teores de TiO₂ > 2% e basaltos baixo Ti com teores inferiores a 2% (Bellieni *et al.*, 1984; Mantovani *et al.*, 1985). Peate *et al.* (1992) propuseram seis tipos de magmas: Paranapanema, Pitanga, Ribeira (ao norte, com razões Ti/Y > 300), Esmeralda, Gramado e Urubici (ao sul, com razões Ti/Y < 300).

Mantovani *et al.* (1985) descreveram dois grupos dentro das rochas ácidas da Formação Serra Geral: Chapecó (alto teor de elementos-traço incompatíveis) e Palmas (baixo teor destes elementos). As rochas do grupo Chapecó também apresentam menor porcentagem em peso de SiO₂. Outra subdivisão baseada em geoquímica convencional e isotópica foi proposta por Peate *et al.* (1992) que subdividiram o tipo Palmas nos grupos Santa Maria e Caxias do Sul e o tipo Chapecó em Guarapuava, Ourinhos e Sarusas (Etendeka).

Datações obtidas pelo método ⁴⁰Ar-³⁹Ar indicam idades entre 138 - 125 Ma, com climax do vulcanismo entre 133 - 129 Ma. (Renne *et al.*, 1992; Turner *et al.*, 1994; *in* Milner *et al.*, 1995)

Dados geocronológicos recentes obtidos por Janasi *et al.* (2011), pelo método $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ TIMS em rocha vulcânica ácida da região de Ourinho, indicam idade $134,3 \pm 0,8$ Ma. Esta idade é um marcador de tempo de importância regional para o início do vulcanismo na porção norte e noroeste da província sugerindo um intervalo de tempo de ~3 m.a. para a construção da sequência de alto Ti. Estes resultados são semelhantes, se considerada a incerteza do método, às datações $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ (134,6-134,1 Ma) disponíveis para os basaltos de baixo Ti (tipos Gramado e Esmeralda) e ocorrências de dacito e riolito (tipo Palmas) do Sul do Brasil, que são supostamente mais antigos. Esta coincidência nas idades pode estar refletindo a curta duração desse vulcanismo, o que pode indicar uma expressiva taxa de efusão num curto espaço de tempo (*flood basalts?*) ou uma taxa menor, porém permanente no tempo.

2.4 VULCANOLOGIA FÍSICA E ARQUITETURA DE FÁCIES

Nesta seção serão revisados alguns conceitos fundamentais da vulcanologia física, com ênfase na morfologia e estruturação dos diferentes tipos de derrames. Além da aplicação destes conceitos na construção de um arcabouço vulcânico a partir da aplicação da arquitetura de fácies.

2.4.1 Tipos de Derrames Básicos

De acordo com Macdonald (1953) os derrames basálticos podem ser distinguidos, com base nas feições de superfície e estruturas, em: *pahoehoe*, 'á'a e lava em bloco.

Derrames *pahoehoe* (Fig. 5) são identificados por suas superfícies lisas, onduladas ou em corda e por uma estruturação interna dividida em crosta superior, núcleo e crosta inferior (Macdonald, 1953; Aubele *et al.*, 1988). A dinâmica dos derrames *pahoehoe* envolve inicialmente um avanço na forma de lobos com pequena espessura, onde a crosta superior é rapidamente formada, podendo ser

posteriormente inflado se a superfície de base possuir baixa inclinação (Hon *et al.* 1994).



Figura 5 - Fluxo *pahoehoe* com superfície em corda. (fonte: WEB.USGS)

Os derrames *'a'a* (Fig. 6) são caracterizados por topo e base escoriáceos, vesículas esparsas e estiradas e por reentrâncias das zonas escoriáceas na porção central maciça em função do avanço do derrame (Macdonald, 1953; Kilburn, 1990) (Fig. 7, b). Derrames deste tipo são formados quando a lava é transportada em canais abertos, em geral associada a altas taxas de erupção (Macdonald, 1953; Pinkerton & Sparks, 1976; Rowland & Walker, 1990), ou associadas a grandes taxas de deformação durante o fluxo (*shear rates*) causadas por relevos abruptos (Hon *et al.*, 2003). Sob estas condições as crostas externas do derrame tendem a romper e fragmentar continuamente, sendo estes fragmentos transportados para as porções basais em um movimento análogo ao de uma esteira.



Figura 6 – Derrame *'a'a*, Havaí (fonte: WEB.USGS)

A figura 7 destaca as principais estruturas dos derrames *pahoehoe* (a) e 'a'a (b), e evidencia o contraste morfológico entre eles.

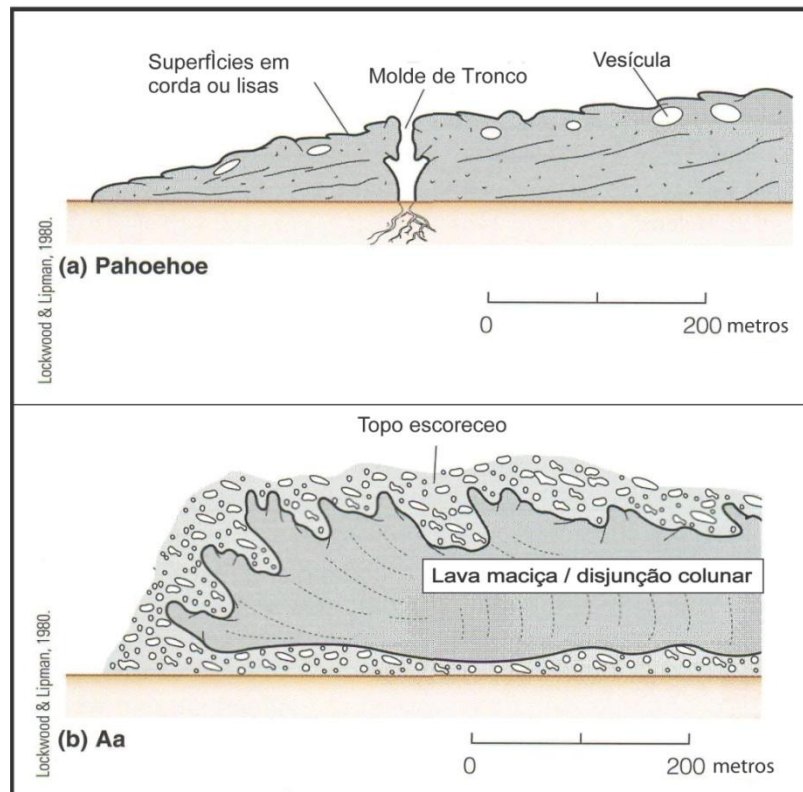


Figura 7 - Estruturas principais e morfologia dos derrames: (a) *Pahoehoe*; (b) 'a'a (Modificado de Lockwood & Lipman, 1980).

Lavas em bloco possuem uma porção superior formada por fragmentos angulosos que apresentam superfícies lisas e dimensões regulares, sendo os fragmentos freqüentemente poliedrais (Macdonald, 1953). Lavas em bloco são geralmente formadas por magmas com maior viscosidade, de composição andesítica, dacítica ou riolítica (Schmimcke, 2004). Este tipo de derrame não foi identificado na área de estudo.

2.4.2 Lavas Ácidas

Lavas ácidas avançam na forma de fluxos laminares que tornam-se lobulares ou arqueadas pela ação da viscosidade durante o deslocamento. Muitas das texturas e estruturas internas preservadas em fluxos de lava, como faixas de fluxo,

eixos de dobras de fluxo, fenocristais alongados alinhados e vesículas esticadas, refletem a combinação de alta viscosidade e fluxo laminar (Fink & Pollard, 1983). A estrutura interna de um derrame ácido (Fig. 8) tem como características principais e distintivas a base com zonas maciças e auto-brechadas, vitrófiros no topo seguido de zonas intermediárias devitrificadas com contato gradacional a convoluto.

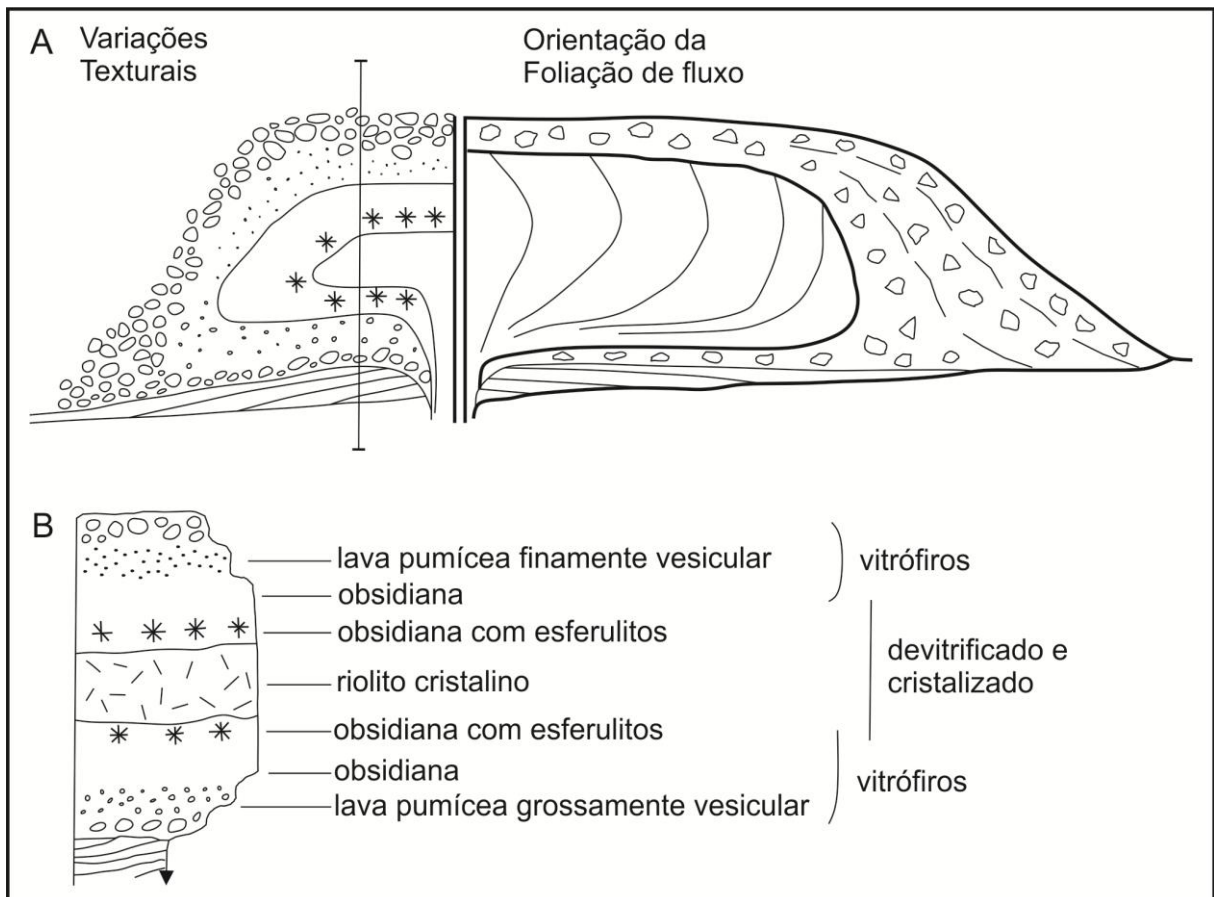


Figura 8 - Seção esquemática da estruturação de derrame ácido sub-aéreo. A) O lado esquerdo mostra a textura interna e variações decorrentes da vesiculação, devitrificação e fragmentação durante o fluxo. O lado direito mostra a orientação das foliações no fluxo e o depósito de brechas de talus na margem do fluxo. B) variação textural interna do derrame. (Modificado de Fink & Manley, 1987; Duffield & Dalrymple, 1990; *in* McPhie, 1993)

2.4.3 Arquitetura de Fácies

O conceito de arquitetura de fácies proposto para a investigação de bacias sedimentares, considera que os padrões de empilhamento são causados por interações entre as variações eustáticas, taxas de subsidência e de influxo

sedimentar. Nos sistemas vulcânicos a arquitetura de fácies, a periodicidade e taxas de erupções, bem como a subsidência, determinam os padrões de empilhamento. As sucessões de fácies vulcânicas podem ser lateralmente correlacionadas e auxiliar na compreensão da história evolutiva da bacia.

Recentemente Jerram (2002), empregando a terminologia proposta por Walker (1971, 1973), tem discutido a arquitetura de fácies para basaltos subaéreos a partir de dois membros finais definidos como fácies tabular clássica e fácies composta anastomosada. O primeiro caso constitui a arquitetura clássica de um derrame simples, com uma geometria em camada tabular, separada por paleossolos ou outros indicadores (p.ex. níveis clásticos). Trabalhos como de Self *et al.* (1996) e Thordarson & Self (1998) indicam que estes são na realidade fluxos compostos (*pahoehoe* inflados) estabelecidos sob condições não-turbulentas e baixas taxas de efusão.

A fácies tabular contrasta com o tipo composto anastomosado que consiste de vários fluxos de lobos *pahoehoe* gerados sob condições de taxas de efusão bem mais baixas. (Walker, 1971, 1973; Jerram, 2002)

Waichel *et al.* (2006b), com base no trabalho de Walker (1971), propõe uma uniformização para a terminologia e aspectos descritivos de campo para as sequencias vulcânicas de Formação Serra Geral. Neste trabalho sugere a utilização do termo lobo para aqueles fluxos com geometria em planta de lobo, e que podem ser delimitados em escala de afloramento. Derrame para descrever um fluxo gerado por uma única e contínua efusão. Campo de derrames para denominar um conjunto de derrames relacionados a um mesmo evento eruptivo.

Estudos enfatizando aspectos vulcanológicos nas LIPs permitiram o avanço na compreensão da dinâmica destes eventos eruptivos. (Thordarson & Self, 1998; Self *et al.*, 1998) assim como informações sobre a evolução e arquitetura de fácies destas províncias. (Bondre *et al.*, 2004; Jerram, 2002; Single & Jerram, 2004; Waichel *et al.*, 2011)

Em geral o extensivo vulcanismo básico que gera um padrão topográfico horizontalizado das LIPs é atribuído a colocação dos derrames como *pahoehoe*. (Hon *et al.*, 1994 ; Self *et al.*, 1997 , 1998 ; Kent *et al.*, 1998 ; Bondre *et al.*, 2004 ; Sheth, 2006 ; Waichel *et al.*, 2006a)

Recentemente Brown *et al.* (2011) estudando a Província Vulcânica do Deccan, na Índia, identificou a ocorrência de derrames 'a'a no topo da Formação

Thakurvadi na região sul de Sangamner. Ocorrem na forma de fluxos compostos com espessuras de 15 - 25 m (por derrame) possuindo brechas basais e de topo bem desenvolvidas. A ocorrência de fluxos 'a'a, em um mesmo horizonte estratigráfico dos fluxos *pahoehoe*, sugere que estes são potencialmente produtos de fontes diferentes de efusão.

Brown *et al.* (2011) sugerem também que a ocorrência destes fluxos esta relacionada com áreas próximas aos centros de emissão, tendo se em conta a limitação térmica destes para grandes distâncias de deslocamento (tipicamente << dezenas de quilometros Km, em Walker 1973; Harris & Rowland 2001, 2009; *in* Brown *et al.*, 2011).

3 METODOLOGIA

Neste capítulo serão apresentados os métodos utilizados na obtenção dos dados. A tabela 1 apresenta na forma de cronograma as atividades realizadas durante o trabalho.

Tabela 1 - Cronograma de atividades do projeto.

2011	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro
Revisão Bibliográfica											
Aquisição de dados em campo											
Seleção e Envio de Amostras											
Preparação das Amostras											
Análise Petrográfica e Geoquímica											
Integração dos Dados											
Elaboração da monografia											

3.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A etapa de revisão bibliográfica teve como principal objetivo a definição original de conceitos clássicos definidos para a Formação Serra Geral, e a atualização do estado da arte para este contexto geológico. Revisão de conceitos fundamentais da vulcanologia física aplicados na definição dos diferentes tipos de derrames, e na utilização destes para a definição da arquitetura de fácies, como especificado no capítulo 2.

3.2 ATIVIDADES DE CAMPO

Foram realizadas atividades de campo no período de 27 a 30 de abril, e no período de 20 a 24 de junho, na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul nas cidades de São Sebastião do Caí, Bom Princípio, Feliz, Farroupilha, Caxias do Sul e Nova Pádua.

As atividades de campo concentraram-se em um perfil na RS-122 entre as cidades de Feliz e Caxias do Sul, além de visitas a afloramentos e pedreiras nas demais localidades anteriormente citadas (Fig. 9). Nesta etapa foram descritas as estruturas vulcânicas, separados e classificados os diferentes tipos de derrames, realizada a identificação e definição das fácies e arquitetura de fácies para a construção do arcabouço estratigráfico, além da coleta de amostras de rocha para estudos petrográficos e geoquímicos.

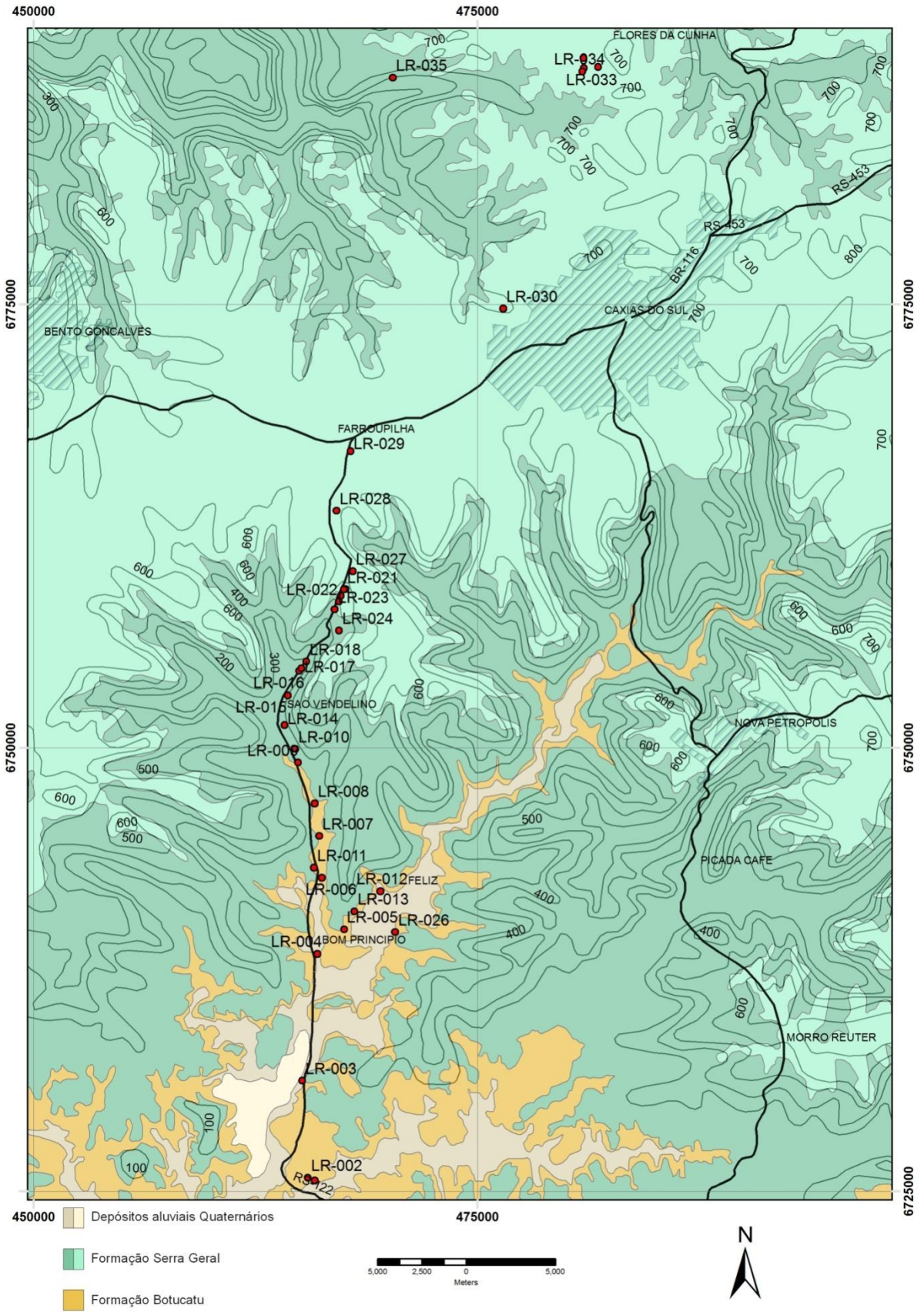


Figura 9 - Mapa de pontos geológicos descritos durante as atividades de campo. (base cartográfica e geológica: CPRM, 2006)

3.3 PETROGRAFIA

Durante a etapa de campo foram coletadas amostras de rocha para a confecção de lâminas petrográficas. Foram selecionadas 26 amostras para laminação, estas foram previamente serradas em chapas (~5 mm), sendo 5 amostras encaminhadas ao Laboratório de Preparação de Amostras do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e 21 amostras encaminhadas ao Quality Thin Section, Tucson, USA.

A análise petrográfica foi realizada com auxílio do programa HARDLEDGE (Lorenzatti *et al.*, 2011), onde foram definidas as texturas e estruturas presentes na rocha, e identificação da mineralogia primária e secundária. A classificação das amostras foi realizada com base na quantificação modal dos minerais essenciais a partir da contagem sistemática de 300 pontos por amostra. (vide Apêndice I)

3.4 GEOQUÍMICA

No trabalho a Geoquímica será utilizada como ferramenta auxiliar na compreensão das variações composicionais sofridas pelas rochas da FSG na evolução dos episódios vulcânicos. Para este fim foram selecionadas 15 amostras coletadas na etapa de campo para análise química das concentrações de elementos maiores, menores e terras raras.

As análises foram realizadas no ACME ANALYTICAL LABORATORIES LTD., Vancouver, Canadá, utilizando-se ICP-MS (*Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer*).

O ICP-MS é um tipo de espectrômetro de massa que é altamente sensível, sendo capaz de detectar concentrações abaixo de uma parte por trilhão. Esta técnica é baseada na utilização da indução de plasma acoplado como um método de produção de íons (ionização) com um espectrômetro de massa como um método de detecção e separação de íons. Com isso o espectrômetro de massa, ICP-MS, é capaz de analisar os componentes das amostras ionizadas por meio da detecção e separação dos componentes através de suas razões massa carga (m/z).

As amostras selecionadas foram enviadas ao laboratório, onde foram trituradas em um britador de mandíbula para redução do tamanho. Os fragmentos foram então lavados em água destilada, depois secos em estufa em uma temperatura em torno de 110° C. As amostras secas foram moídas num gral de ágata reduzida a fração pó (tamanho de grão inferior a 0,063 milímetros) e homogeneizadas. Para a análise do material, após serem reduzias a pó, as amostras foram quarteadas e foi separada uma quantia de 0,25 gramas de pó de cada amostra, que foram misturadas com um fluxo de metaborato de lítio e tetraborato de lítio e depois fundidas em um forno de indução. O material ainda fundido foi despejado em uma solução de HNO₃ a 5% contendo um padrão interno e foi misturado por aproximadamente 30 minutos até atingir-se uma dissolução completa. Uma porcentagem da solução foi analisada para os elementos maiores, em estado de óxidos, e a outra parte da amostra em solução foi adicionada a padrões internos de In e Rh e diluída 6000 vezes antes da análise no ICP-MS para os elementos traços e ETR. A perda ao fogo foi determinada medindo-se a perda de peso após se calcinar a amostra a uma temperatura de 1050° C por duas horas. Neste laboratório o limite de detecção para os elementos maiores foi em torno de 0,01% em peso, e para o Sc foi 1 ppm.

Os dados obtidos foram processados a partir dos softwares *Petrograph* (Petrelli *et al.*, 2005) e GCDkit. (Janousek *et al.*, 2006)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados e discutidos os dados obtidos no levantamento de campo e em laboratório. A construção do arcabouço estratigráfico foi realizada a partir dos perfis geológicos realizados entre as cidades de Feliz, Caxias do Sul.

4.1 ARQUITETURA DE FÁCIES VULCÂNICAS

A separação das fácies vulcânicas fundamentou-se na morfologia e características de cada tipo de derrame, como padrões de vesiculação, estruturação interna e feições de superfície (ex. topo escoriáceo nos derrames 'a'a').

As características morfológicas dos derrames estudados permitiram a identificação da fácies lobular escoriácea (FLE) nos derrames do tipo 'a'a, além das fácies tabular clássica (FT), fácies composta anastomosada (FCA), e a fácies *ponded* (*pahoehoe* interduna), propostas para a Bacia de Huab por Jerram (2002). Nos vulcanitos ácidos identificou-se as fácies de derrames tabulares ácidos (FTA) e a fácies de domos de lava (FDL).(Fig. 10)

A identificação de sucessivos arranjos entre fácies distintas permitiu reconhecer uma arquitetura tripartite da Formação Serra Geral na história evolutiva da bacia nesta região. Definiu-se a Associação de Fácies Básica I como as primeiras manifestações vulcânicas, responsáveis pelo preenchimento da paleotopografia da Formação Botucatu, e suavização do relevo, seguida da Associação de Fácies Básica II, responsável inicialmente pelo espessamento de uma topografia peneplanizada e pela mudança do relevo nos estágios finais deste ciclo, e, finalmente a Associação de Fácies Ácida que marca a ocorrência de rochas mais diferenciadas e o preenchimento do relevo gerado na associação anterior.

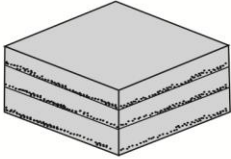
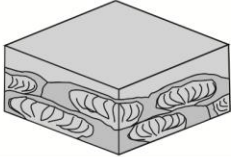
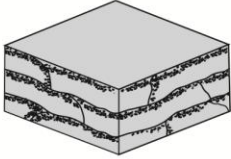
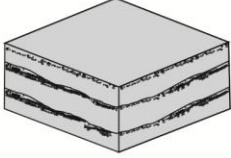
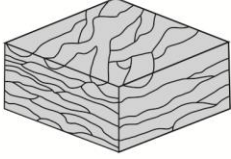
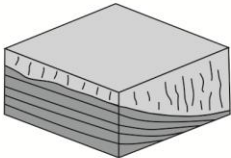
Arquitetura da Fácies Vulcânica	Bloco Diagrama	Tipo de Derrame (Predominante)	Espessura Média (por derrame)	Espessura da Fácies	Associação de Fácies
Derrames Tabulares FTA		derrames tabulares ácidos	~20m	~150m	AFA
Domos de Lava FDL		domos ácidos	15 - 20m	~150m	
Lobular Escoreácea FLE		derrames 'a'a	10 - 12m	~250m	AFB-II
Tabular Clássica FT		derrames pahoehoe simples	3 - 8 m	~150m	
Composta Anastomosada FCA		derrames pahoehoe compostos	0,3 - 2,0 m	100-200m	AFB-I
Ponded		derrames pahoehoe de interduna "ponded pahoehoe"	mais de 20m		

Figura 10 - Arquitetura de fácies, associação de fácies. (modificado de Waichel *et al*, 2011)

A figura 11 é uma representação das diferentes fácies vulcânicas ao longo da seção estratigráfica levantada na área de estudo. As fácies *ponded* e composta anastomosada ocorrem desde a base do perfil (cota 35 m) até uma cota de 140m, onde são sucedidas por derrames *pahoehoe* simples. A cota de 250m marca o início dos derrames básicos do tipo 'a'a, que se entendem até cotas entre 530-600m onde aflora o contato entre as rochas básicas e as rochas ácidas da Formação Serra Geral. A sucessão de fácies ácidas tem espessura de aproximadamente 200 metros para a área de estudo, aflorando até o topo da seção.

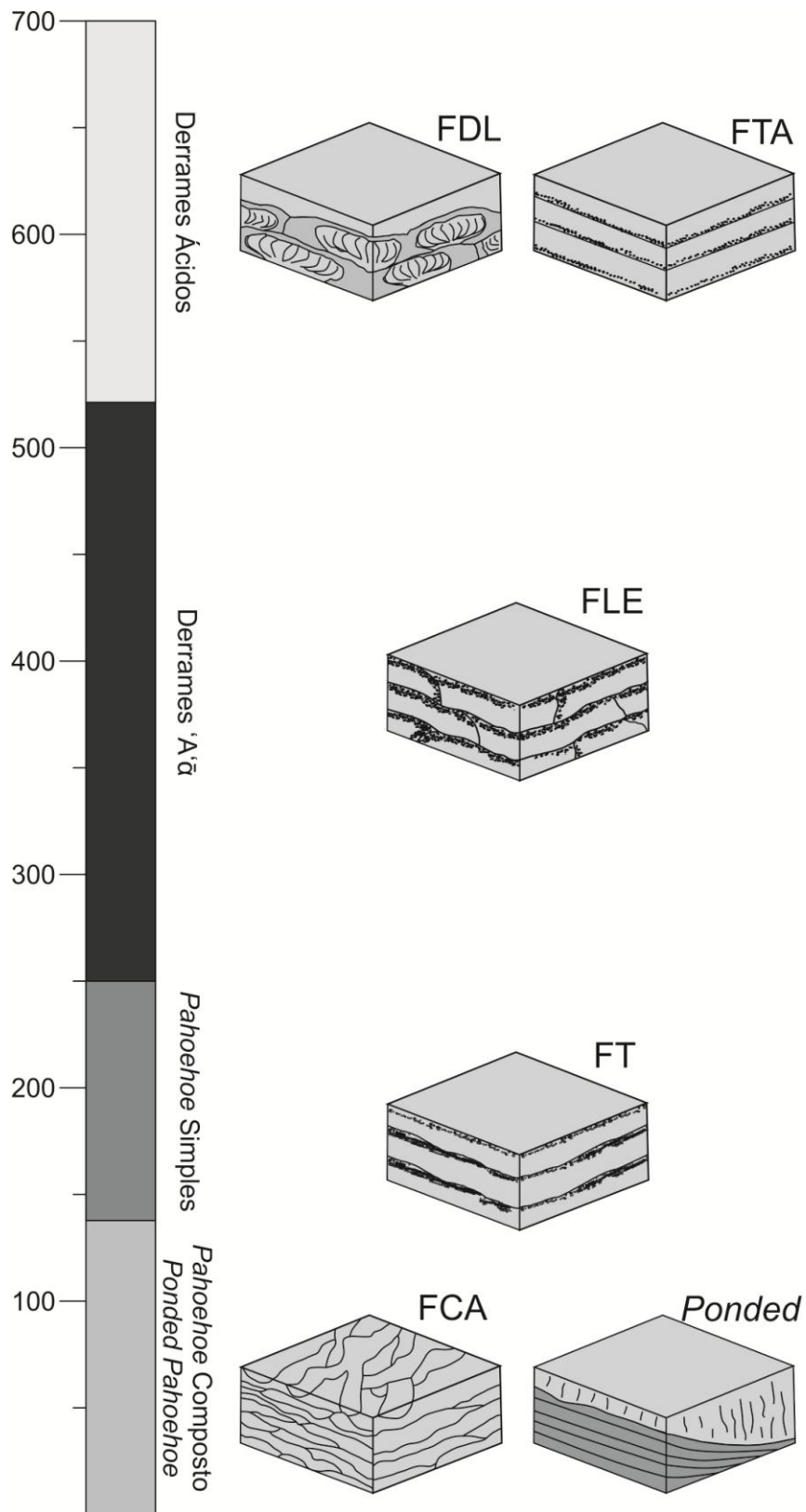


Figura 11- Seção estratigráfica das rochas vulcânicas da Formação Serra Geral para o perfil Feliz - Caxias do sul, e a arquitetura de fácies relacionada.

4.1.1 Associação de Fácies Básica I

A Associação de Fácies Básica I representa as primeiras manifestações do vulcanismo Serra Geral para a área de estudo. Neste contexto os derrames básicos ocuparam o paleoambiente desértico da Formação Botucatu, distribuindo-se na forma de *ponded pahoehoe* nos vales de interdunas (Fig. 12 a-b) e na forma de lobos anastomosados nas superfícies das dunas (Fig. 12 c-d).

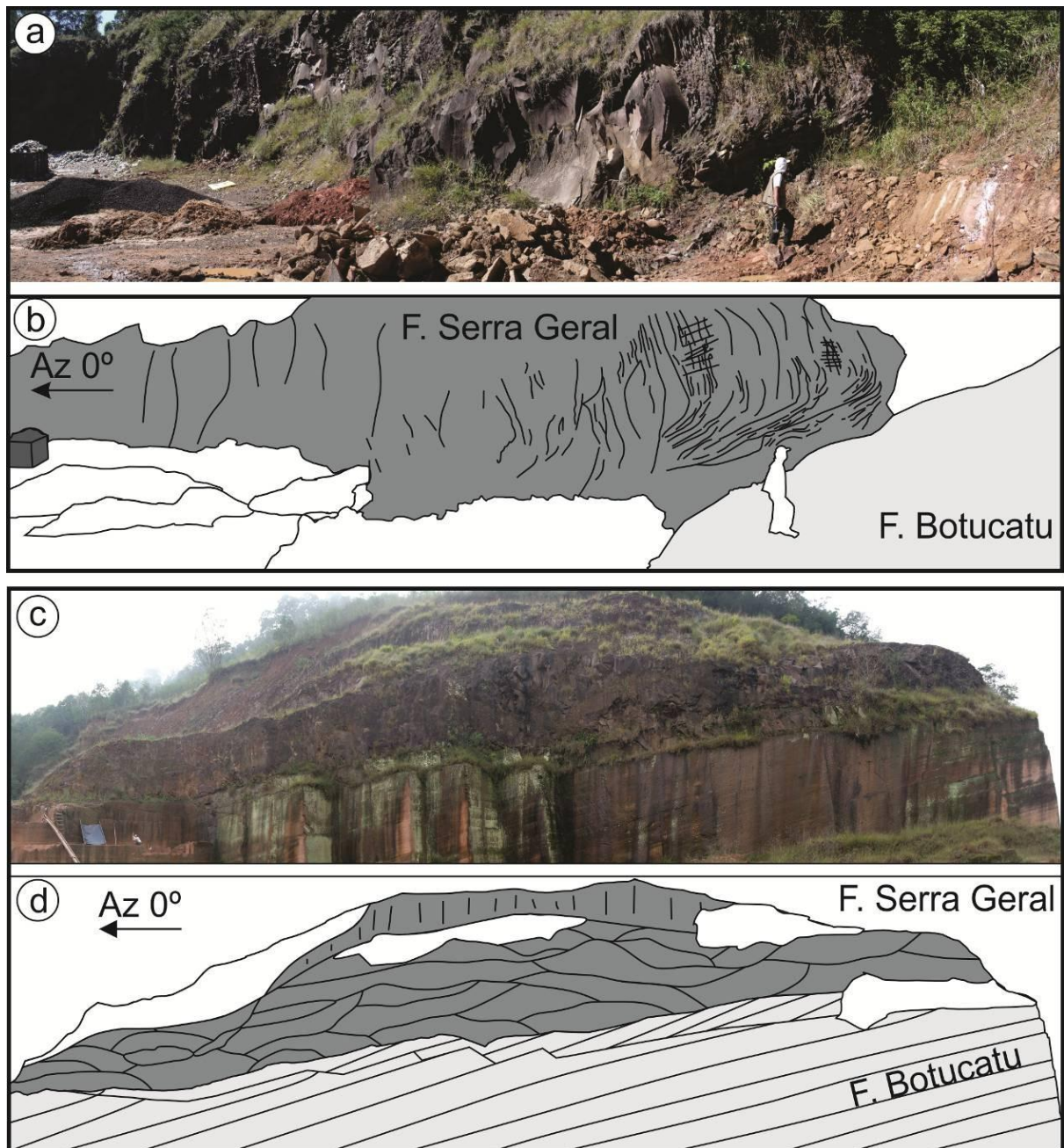


Figura 12 - Arquitetura das fácies; a-b) *ponded pahoehoe*; c-d) lobos anastomosado.

É comum no contato entre a FSG e a Formação Botucatu feições de interação entre lavas básicas e sedimentos. Localmente são preservadas marcas de onda nas superfícies das paleodunas (Fig. 13 a). Brechas com textura peperítica (Fig.13 b) ocorrem em porções próximas às cristas das paleodunas, e intertraps de arenito posicionam-se sobre alguns dos primeiros derrames (Fig. 13 c).

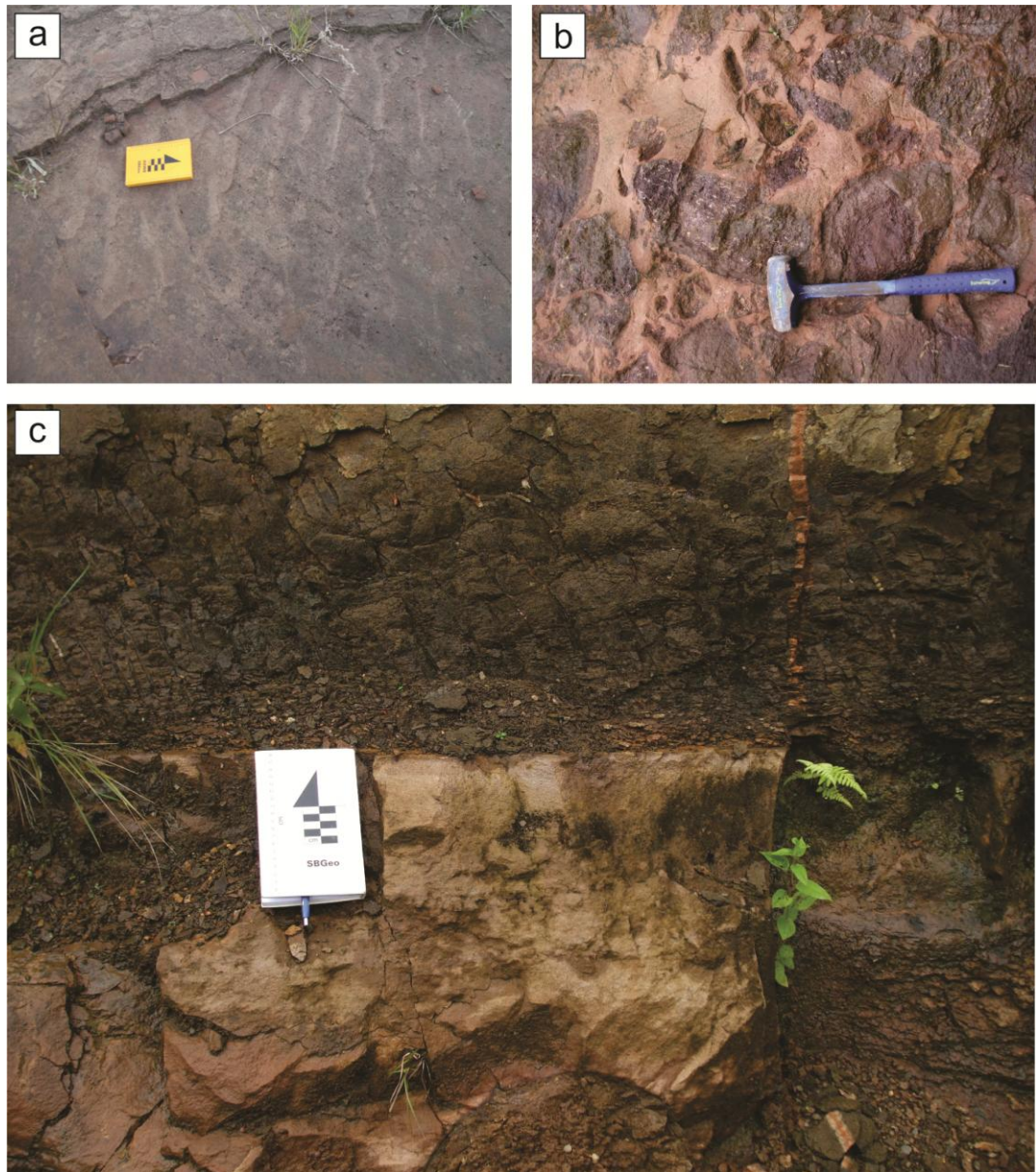


Figura 13 - a) Marcas de onda preservadas no dorso de paleoduna da Formação Botucatu; b) Brecha com textura peperítica, areia no espaço entre fragmentos de basalto vesicular; c) Intertrap de arenito entre derrames básicos.

A fácies de lobos anastomosados forma pacotes com espessuras de cerca de 10 m, ocorrendo predominantemente na base do perfil estratigráfico e lateralmente relacionada a derrames *pahoehoe* espessos da fácies *ponded*. Estes por sua vez atingem espessuras de até 30 m para um único derrame, ocorrendo ao longo dos vales interdunas da Formação Butucatu. Formam derrames com disjunções colunares bastante desenvolvidas (Fig. 14), sendo as vesículas esparsas e níveis, que marquem a estruturação interna, raros.



Figura 14 - Estruturação de derrame do tipo *ponded pahoehoe*, disjunção colunar fortemente desenvolvida.

A fácies *ponded* é petrograficamente composta por basaltos com textura fanerítica fina a média (Fig. 15 a-b-c), microvesiculares, compostos por plagioclásio e clinopiroxênio arranjados em textura intergranular, além de quartzo. É comum textura glomeroporfirítica (Fig. 15 d) caracterizada pelo agrupamento de fenocristais de plagioclásio.

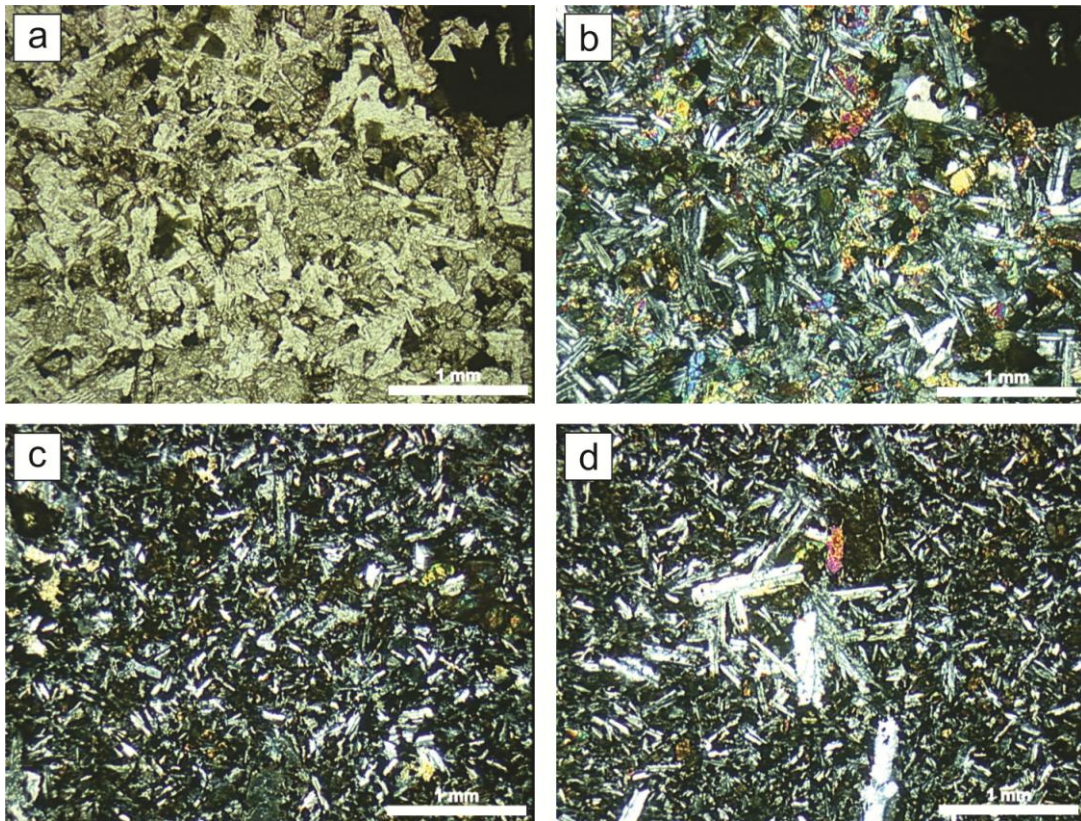


Figura 15 - Fotomicrografia da fácies *ponded pahoehoe*; a) textura equigranular fanerítica fina, a nicóis paralelos; b-c) petrotrama rica em cristais de plagioclásio com augita intergranular, nicóis perpendiculares; d) textura glomeroporfírica, com fenocristais de plagioclásio e augita agrupados, nicóis perpendiculares.

A FCA é caracterizada por uma série de lobos de lava *pahoehoe* de espessura de em média 0,5m sobrepostos e lateralmente relacionados. Em perfil esses lobos têm geometria lenticular, sendo os derrames divididos em base, núcleo e topo (Fig. 16 a).

É comum nos lobos a presença de vesículas em tubo (*pipe*) nas porções basais, os núcleos maciços à micro vesiculares, e porções de topo com vesículas esféricas decrescentes em direção a crosta externa do derrame (Fig.16 a). Lobos com estas características são definidos como sendo do tipo P e predominam na área de estudo. Localmente ocorrem lobos do tipo S, totalmente vesiculados, sendo a distribuição das vesículas uniforme em todo o derrame.

Sheet flows (lavas em lençol) ocorrem associados aos lobos e são caracterizados por pequenas espessuras e expressiva horizontalidade, são vesiculados produzidos por uma única e contínua efusão (Fig. 16 b)

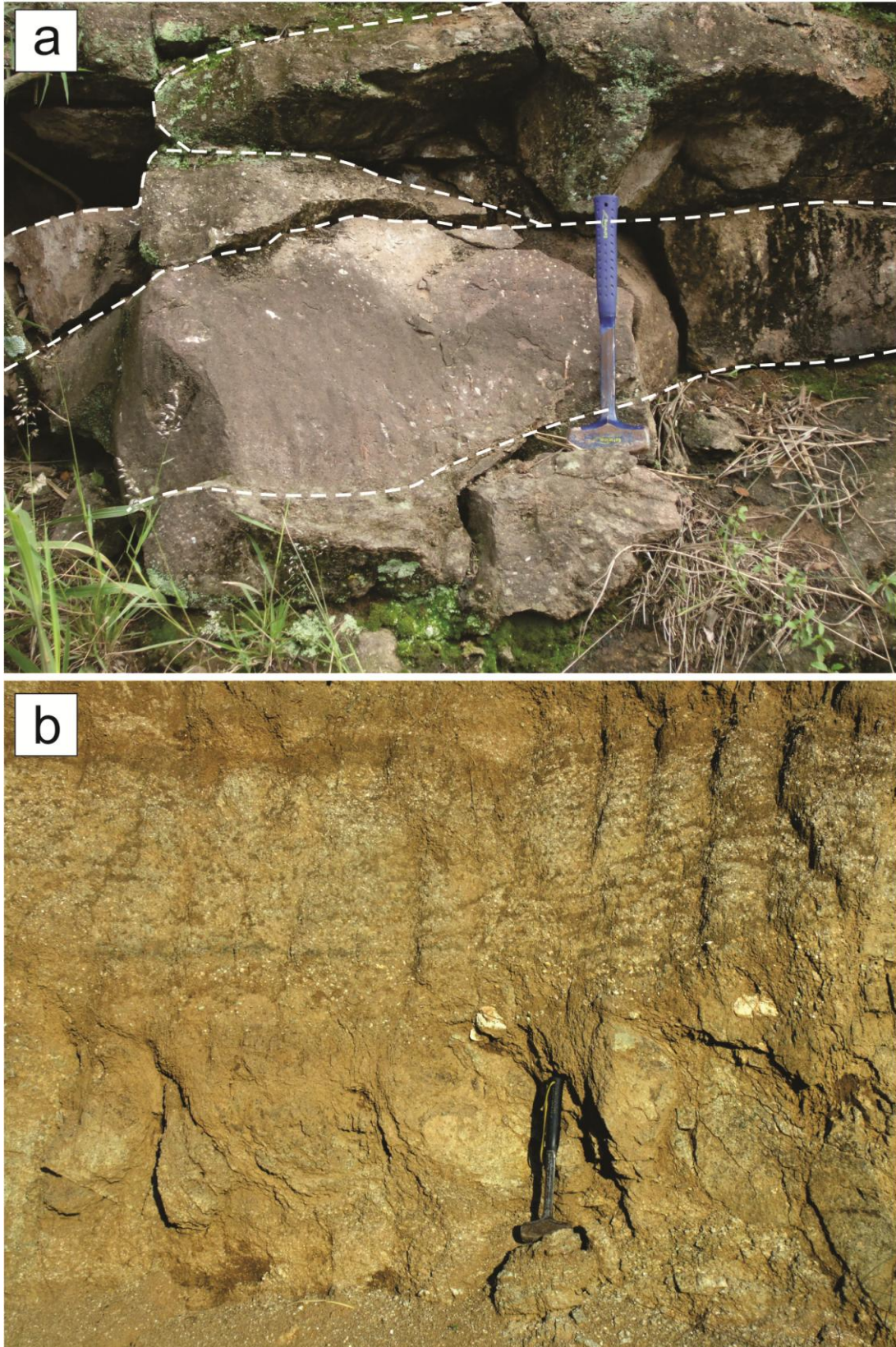


Figura 16 - a) Empilhamento de lobos do tipo-p; b) *Sheet flows*, derrames pouco espessos altamente vesiculados.

No núcleo dos lobos é comum textura holocristalina equigranular fanerítica fina, rica em fenocristais de plagioclásio e augita. As zonas de topo (Fig. 17 a-b) são vesiculares com textura hipocristalina vitrofírica, caracterizada por fenocristais de plagioclásio envoltos em matriz vítrea. As vesículas são predominantemente preenchidas por nontronita, ocorrendo subordinadamente zeólitas, carbonato e quartzo.

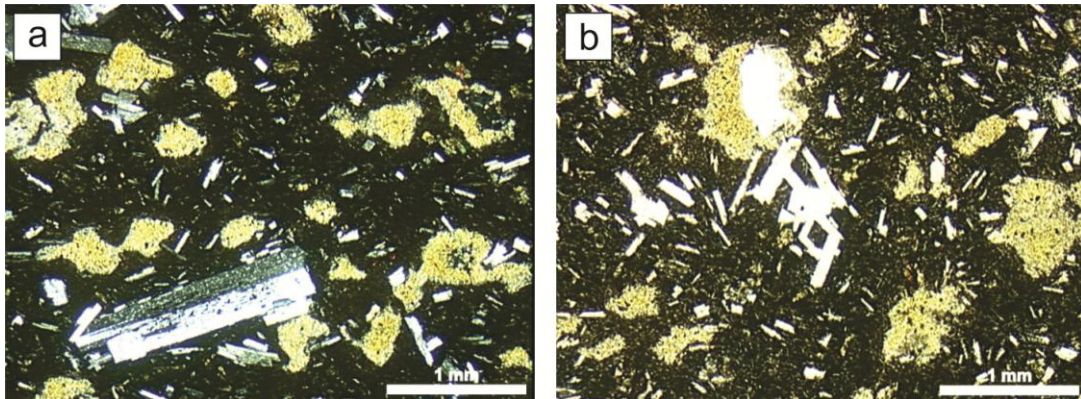


Figura 17 - Fotomicrografia da fácies composta anastomosada. a) crosta superior de lobo *pahoehoe*, com fenocristais e micrólitos de plagioclásio contornados por uma matriz microcristalina vesiculada, preenchimento de nontronita, nicóis perpendiculares; b) textura glomeroporfírica, nicóis paralelos.

4.1.2 Associação de Fácies Básica II

Na Associação de Fácies Básica II os derrames foram colocados sobre um paleorelevo suavizado construído pelos derrames *pahoehoe* do episódio vulcânico antecessor. Esta associação de fácies é composta por derrames *pahoehoe* simples, entre as cotas de 140 – 250 m, que são sucedidos por derrames do tipo 'a'a organizados na fácies lobular escoriácea.

Na base desta associação de fácies afloram derrames *pahoehoe* simples estruturados na forma de derrames tabulares, com espessuras de em média 3-5 m, podendo atingir grandes extensões areais. Estes fluxos possuem estruturação interna em zona inferior, núcleo e zona superior.

Na base destes derrames ocorrem vesículas em tubo (Fig. 18 a). Nos núcleos, maciços a microvesiculares, a presença de *vesicle sheets* marca níveis de inflação na transição para a zona superior que é totalmente vesiculada. As vesículas

da zona superior decrescem em diâmetro em direção ao topo do derrame, marcando a maior taxa de resfriamento e, conseqüentemente, aumento na viscosidade nesta direção.(Fig.18 b).

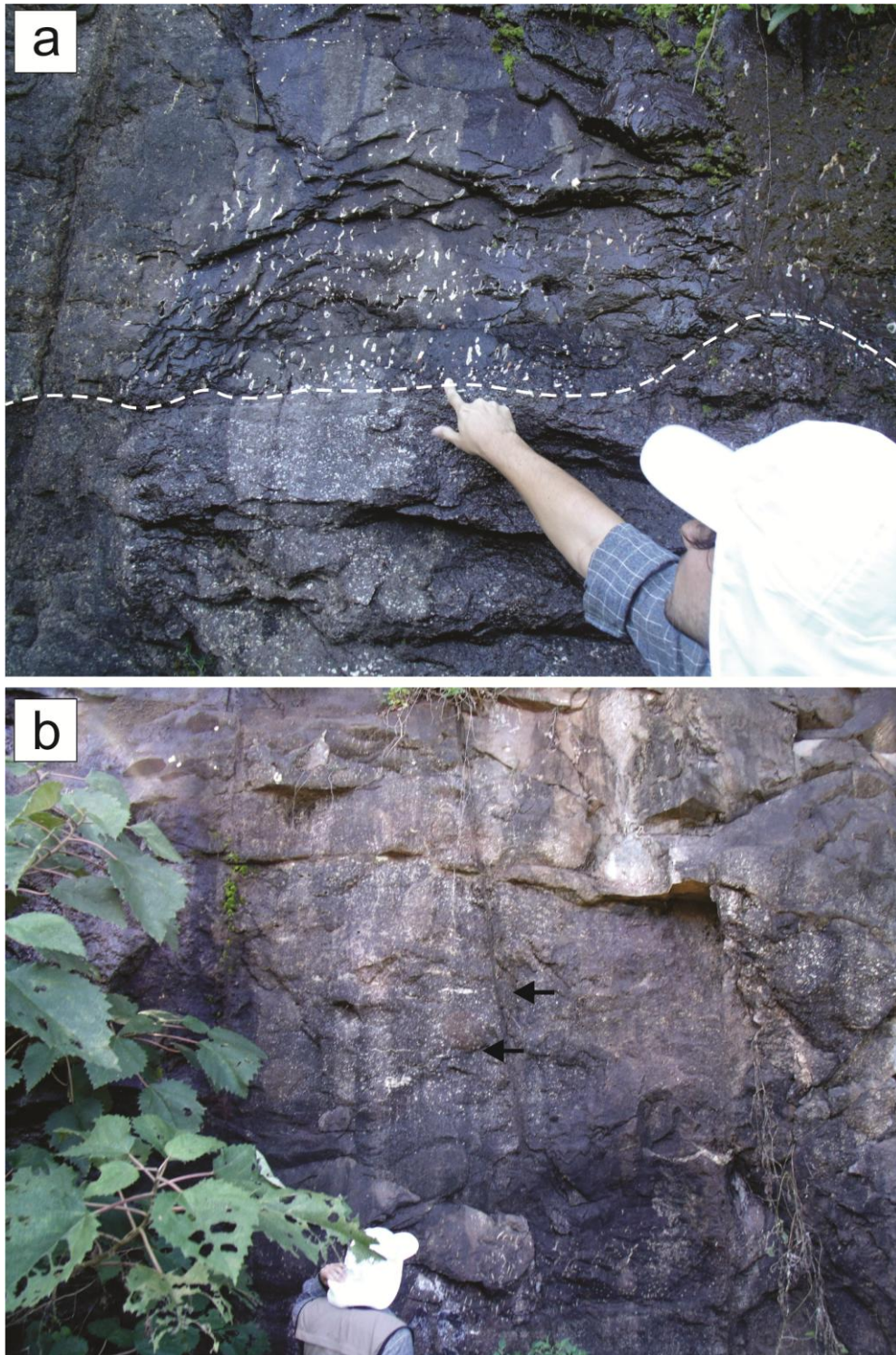


Figura 18- Derrames *pahoehoe* da fácies tabular clássica; a) Contato entre derrames marcado por vesículas em tubo na base do derrame superior, sobrepostos a topo vesicular de derrame inferior.b) setas marcam *vesicle sheets*, níveis vesiculares que marcam a inflação do derrame.

Os derrames *pahoehoe* simples são compostos por fenocristais de plagioclásio, augita, e minerais opacos. Como produto de alteração das fases máficas é comum esmectita e celadonita (Fig.19 a). As texturas porfirítica e glomeroporfírica (Fig.19 b) e a matriz afanítica microcristalina são típicas desta fácies. É comum no núcleo destes derrames textura *diktitaxítica* (microvesicularidade) que representa o aprisionamento de voláteis em sistemas fechados (*pahoehoe*).

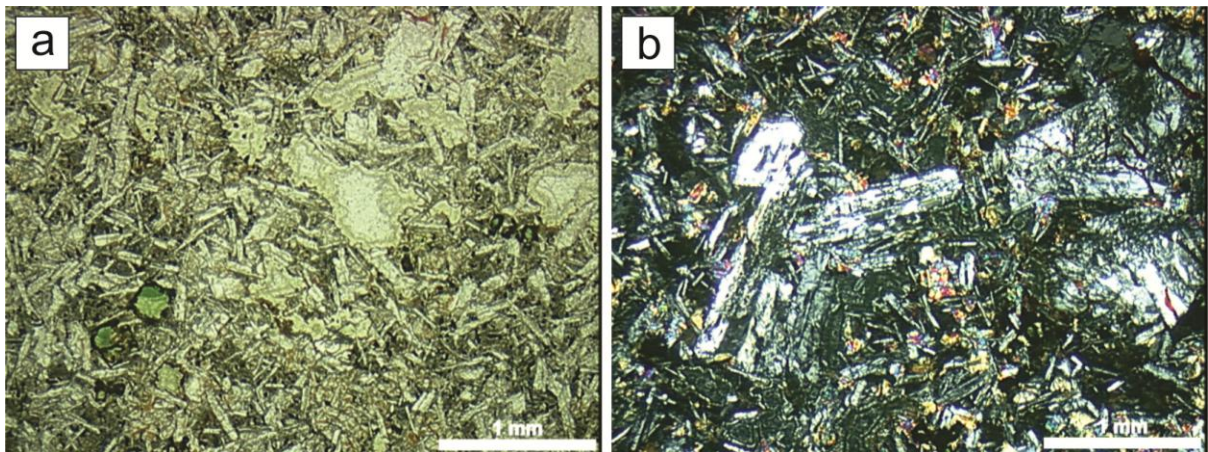


Figura 19 - Fotomicrografia da fácies tabular clássica; a) basalto microvesicular, composto por plagioclásio e augita, em verde celadonita como pseudomorfo de piroxênio, nicóis paralelos; b) textura glomeroporfírica, com agrupamento de cristais de plagioclásio em peneira, nicóis perpendiculares.

A fácies lobular escoriácea ocorre entre as cotas de 290-530m e é caracterizada por derrames do tipo 'a'a com morfologias lobulares (megalobos), de composição basáltica, tendo em média 10 - 12m de espessura, podendo atingir até 30m. Esses megalobos geram um relevo arqueado sobre os fluxos *pahoehoe* antecessores. A estruturação destes derrames é marcada por uma carapaça externa brechada à escoriácea envelopando um núcleo maciço afanítico.



Figura 20 - Contato entre brecha de topo e brecha basal, em derrames do tipo 'a'a.

As zonas brechadas são constituídas por autoclastos de basalto vesicular hipocristalino, com tamanhos de em média 5 - 15 cm de diâmetro, subarredondados a arredondados envoltos por matriz de mesma composição. A distribuição aleatória dos fragmentos é marcada por modificações abruptas na direção dos padrões de vesiculação dos autoclastos. Este fato indica movimentação após a quebra da carapaça externa do derrame 'a'a durante o *emplacement*. É comum o preenchimento dos espaços entre os fragmentos por zeólitas e sílica.

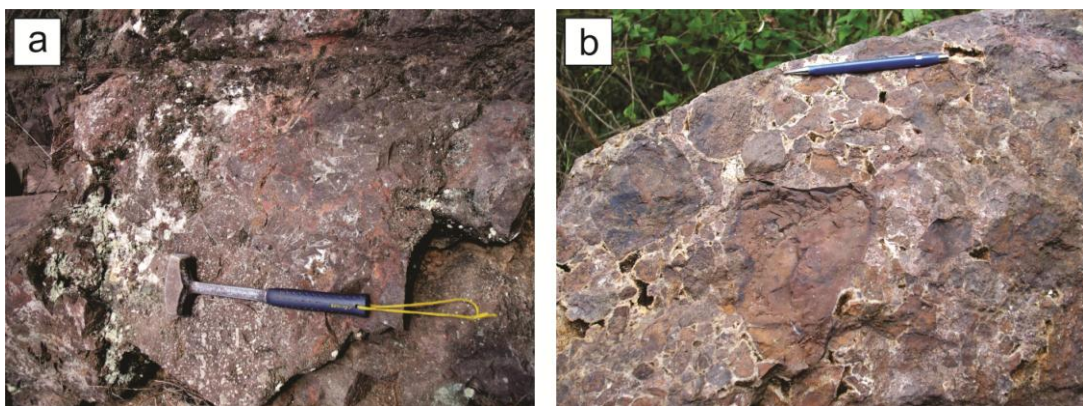


Figura 21 - a) Autobrecha básica de porção lateral de derrame 'a'a; b) Detalhe em autobrecha básica, fragmentos com tamanhos variados e espaço entre fragmentos preenchido por zeólita e sílica.

Petrograficamente observam-se contrastes texturais importantes nos diferentes setores da fácies lobular escoriácea. No núcleo os derrames são afaníticos microcristalinos, e microvesiculares (Fig. 22 a). Tem como característica principal a textura glomeroporfírica formada predominantemente por cristais de plagioclásio (Fig. 22 b) envolvidos em matriz microcristalina a fanerítica muito fina (<0,1mm). Esta matriz é composta por uma grande densidade populacional de micrólitos de plagioclásio ripidiforme, que por vezes ocorrem orientados caracterizando textura hialopilitica. Esta quantidade elevada de micrólitos de plagioclásio em relação a minerais máficos, que é típica das lavas 'a'a, gera um padrão textural que é comum em andesítico. Ocorrem também texturas intersetal e intergranular, com augita ocupando espaços entre os cristais de plagioclásio.

As porções de núcleo gradam para as brechas de topo onde os padrões de fluxo podem ser autobrechados, gerando fragmentos com aspecto fluidal. (Fig. 22 c e d)

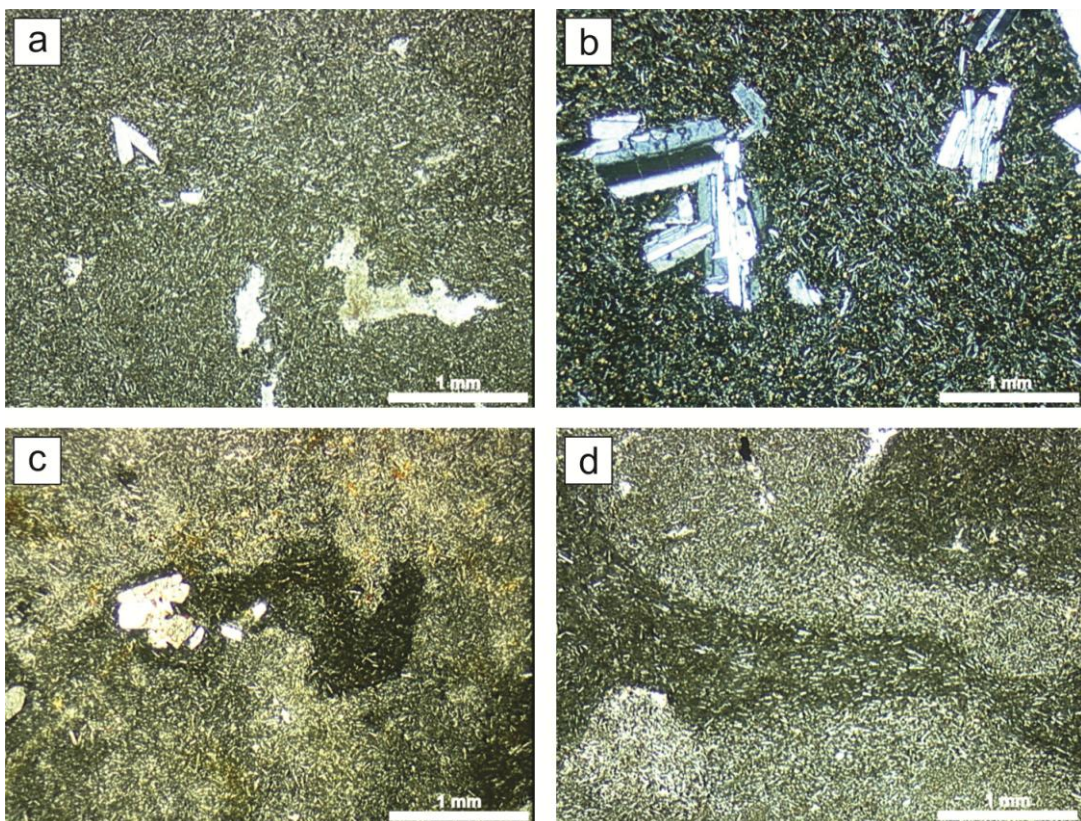


Figura 22 - Fotomicrografias da fácies lobular escoriácea; a) núcleo de derrame 'a'a, textura fanerítica muito fina (<<0,1mm) e grande quantidade de micrólitos de plagioclásio, nicóis paralelos; b) textura glomeroporfírica em matriz fanerítica muito fina, nicóis cruzados; c) fragmento fluidal gerado em fluxo autobrechado, nicóis paralelos; d) contraste entre porções com diferente cristalinidade em zona autobrechada, nicóis paralelos.

As porções externas destes derrames com superfícies autobrechadas a escoriáceas são caracterizada por fragmentos de basalto hipocristalinos, vesiculares, sendo as vesículas alongadas (Fig. 23 a) em alguns dos fragmentos. São predominantemente vitrofíricos, ricos em micrólitos de plagioclásio envoltos por matriz vítrea oxidada. Os blocos são subarredondados a arredondados e são cimentados por basalto de mesma composição. Localmente ocorrem como fragmentos angulosos e brechas em mosaico sendo os espaços entre os blocos preenchidos por zeolitas e quartzo, além de vênulas de carbonato (Fig. 23 b).

Localmente ocorrem derrames *pahoehoe* em um mesmo patamar dos derrames do tipo 'a'a. Esses derrames são semelhantes aos *pahoehoe* simples da base da associação.

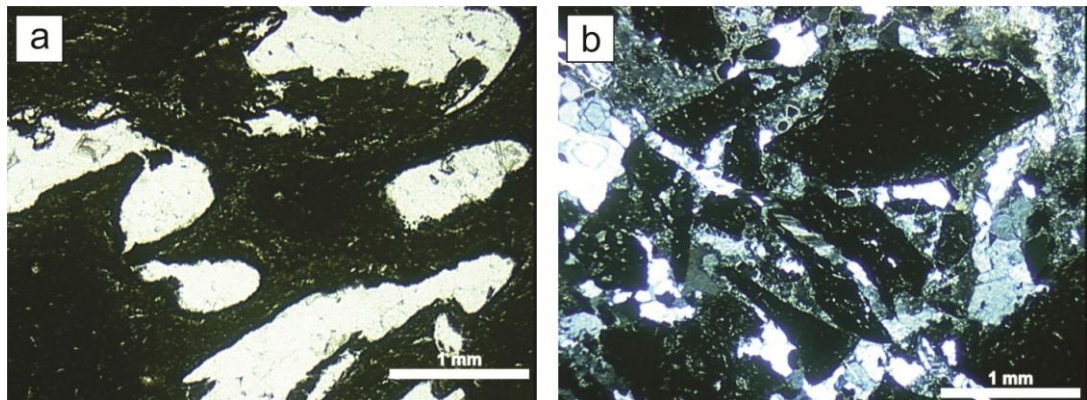


Figura 23 - fotomicrografias da fácies lobular escoriácea; a) detalhe de vesículas alongadas em basalto hipocristalino, vesiculação comum em derrames do tipo 'a'a, nicóis paralelos; b) brecha em mosaico, fragmentos angulosos de basalto hipocristalino cimentados por zeolita e sílica, nicóis perpendiculares.

4.1.3 Associação de Fácies Ácida

O contato entre as rochas básicas (AFB-II) e as rochas ácidas da Formação Serra Geral é nítido e bem destacado (variando entre as cotas de 530 - 630 m). Este é marcado pelo topo escoriáceo/blocado de uma lava 'a'a coberto por uma lava félsica com foliações horizontalizadas (Fig. 24).



Figura 24 - Contato entre topo escoriáceo de derrame 'a/a, e derrame tabular ácido.

A Associação de Fácies Ácidas agrupa rochas que ocorrem estruturadas na forma de domos de lava e na forma de derrames tabulares. Estas fácies estão geneticamente relacionadas e representam porções diferentes dos derrames ácidos.

Os domos são caracterizados por uma organização interna (vide fig.8) formada por vitrófiros vesiculares nas bordas (Fig.25 b), gradando para obsidianas (fig 24 c), e nas porções centrais granófiros.(Fig.25 a). A presença de autobrechas e depósitos de talus associadas a domos ácidos da Formação Serra Geral é comum, porém não foi identificada na área de estudo. Este fato pode estar relacionado ao baixo potencial de preservação destes no registro geológico.

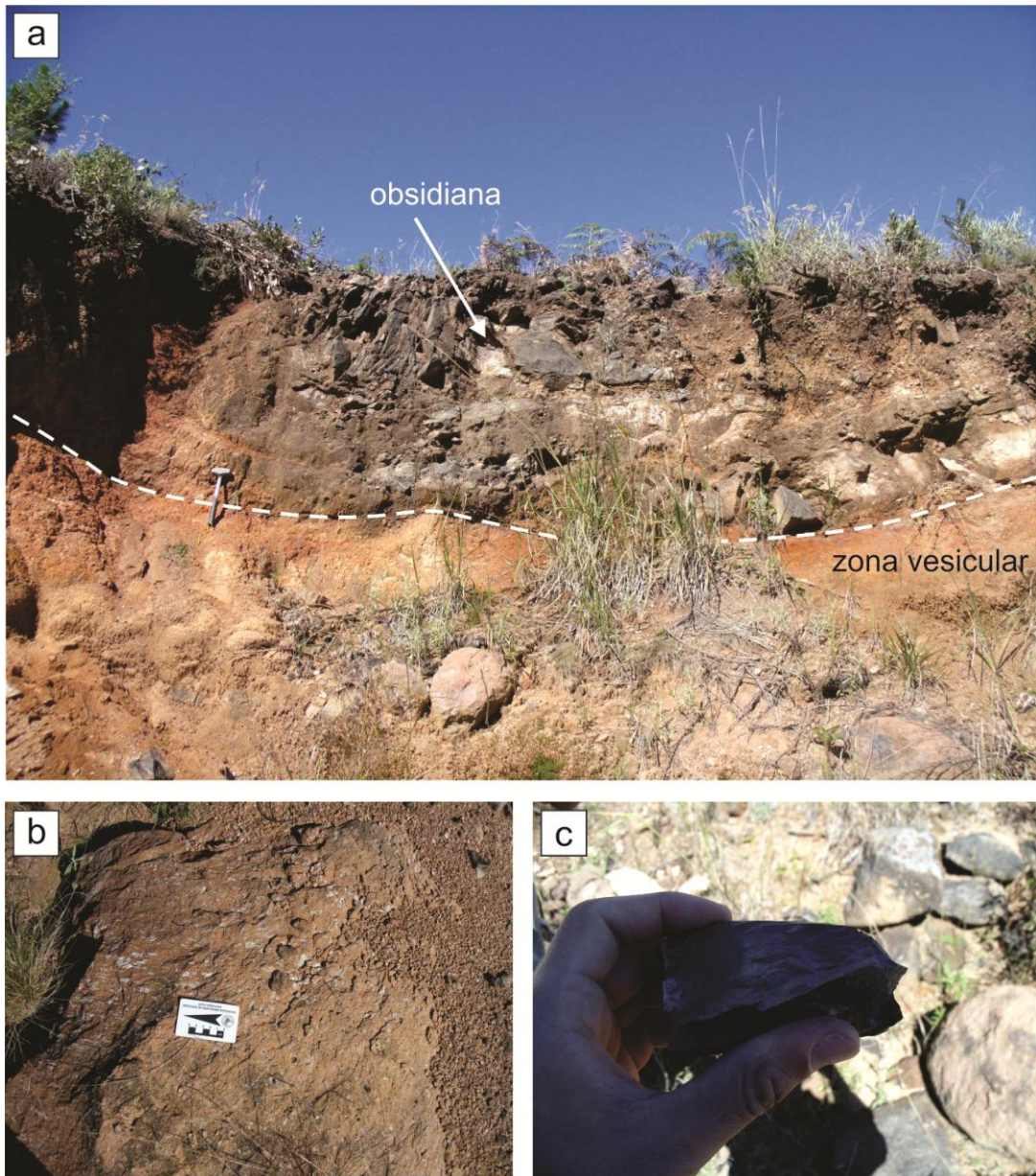


Figura 25 - Fácies de domos ácidos.a) estruturação de domo com zona vesicular capeando núcleo de obsidiana; b) detalhe de zona vesicular, vesículas grosseiras alongadas segundo o fluxo; c) detalhe de obsidiana de porção interna do domo.

As fácies de derrames tabulares ocorrem com estruturação marcada por disjunções tabulares, bandamento de fluxo caracterizado por níveis com diferentes cristalinidades, além de dobras de fluxo. Em campo a alteração intempérica ressalta a estruturação desta fácies. (Fig.26)



Figura 26 - Estruturação tabular ressaltada por planos de alteração intempérica.

Nos granófiros predomina a textura fanerítica fina e sob observação microscopia a textura glomeroporfirítica, constituída por fenocristais de plagioclásio, piroxênio, minerais opacos envolvidos em uma matriz fina (Fig. 27 a). Nos vitrófiros dominam em lâmina delgada micrólitos com hábitos aciculares e esqueletais de plagioclásio e sanidina, envolvidos por vidro e cristalitos (Fig. 27 b). É comum a presença de esferulitos formados durante a devitrificação das obsidianas (Fig. 27c). Nas fácies tabulares o bandamento de fluxo é formado pela alternância de bandas, por vezes com colorações distintas, com variações nos conteúdos de micrólitos (Fig. 27 d), e nas porções próximas ao contato com as rochas básicas (base dos primeiros derrames ácidos) os fluxos possuem padrões autobrechados. (Fig. 27 e).

Classificação petrográfica com microscópio convencional permite classificar as rochas como latitos hipocristalinos, ricos em micrólitos de plagioclásio e sanidina, (Fig.27 f), quartzo latitos hipocristalinos, riolitos holocristalinos e dacitos holocristalinos. A grande quantidade de material vítreo das rochas latíticas e a variação na quantidade e razão entre fenocristais de feldspatos (sanidina+ plagioclásio), explicam as discrepâncias entre as classificações petrográficas e geoquímicas.

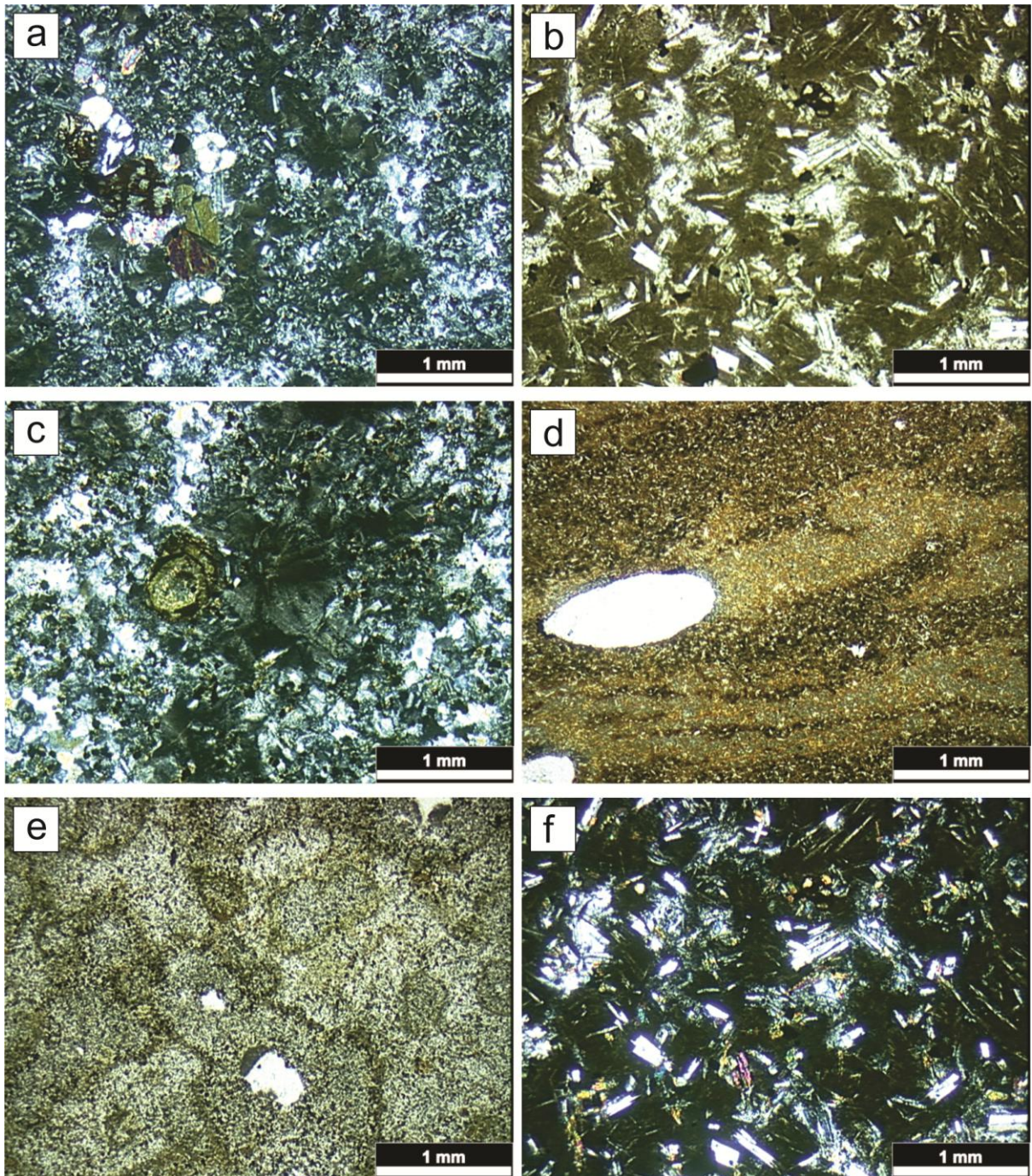


Figura 27 - a) Textura glomeroporfírica caracterizada pelo agrupamento de piroxênio e plagioclásio, nicóis perpendiculares;b) textura vitrofírica com micrólitos de feldspato envoltos por matriz vítrea, nicóis paralelos;c) detalhe de esferulito, nicóis perpendiculares; d) bandamento de fluxo magmático, marcado por variações na quantidade de micrólitos de feldspato, nicóis paralelos;e) autobrechação na base do primeiro derrame ácido, nicóis paralelos;f) petrotrama rica em micrólitos de plagioclásio em matriz vítrea, nicóis perpendiculares.

4.2 CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA

As fácies vulcânicas que ocorrem na área de estudo não apresentam grandes diferenças químicas que justifiquem o detalhamento destas separadamente. A tabela 2 apresenta os dados obtidos a partir da análise de 15 amostras da Formação Serra Geral na área de estudo, onde pode-se constatar a homogeneidade geoquímica entre as fácies.

As rochas máficas da Formação Serra Geral na área de estudo tem teores de SiO_2 que variam entre 48,69 - 56,80%. Em diagramas de classificação como o TAS (after Le Bas, 1986), que leva em conta as razões entre alcalis x sílica, plotam nos campos dos basaltos, andesitos-basálticos e andesitos. Já os vulcanitos félsicos plotam no campo dos dacitos, tendo teores de SiO_2 entre 65,5 a 68,4%. (Fig. 28)

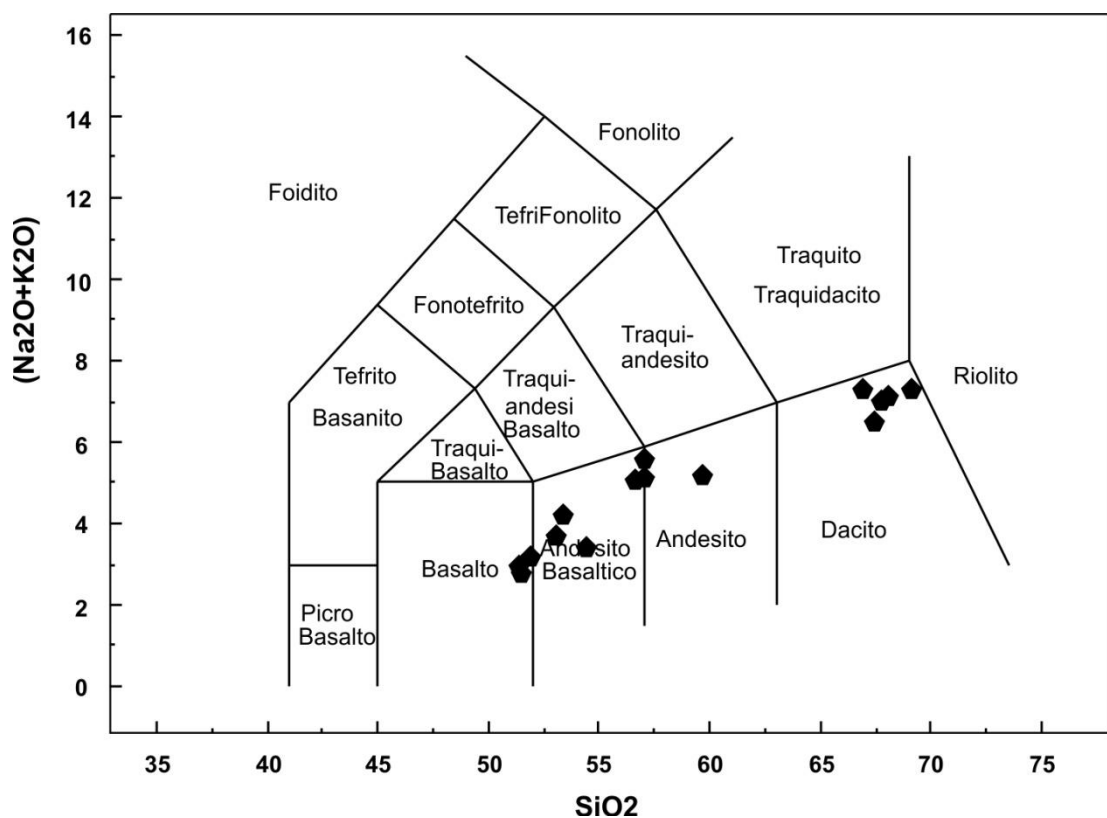


Figura 28 - Classificação geoquímica em diagrama de alcalis vs sílica (after Le Bas, 1986)

Tabela 2

	LR-02-A	LR-04-A	LR-11-A	LR-12-A	LR-15-A	LR-18-B	LR-23-A	LR-27-B	LR-28-A	LR-29-A	LR-32-A	LR-33-B	LR-35-A	LR-38-A	LR-39-B
Litologia	Basalto	Basalto	Basalto	Basalto	Basalto	Basalto	Basalto	Basalto	Riolito	Riolito	Riolito	Riolito	Riolito	Basalto	Basalto
Fácies	<i>Poned</i>	<i>Poned</i>	<i>Poned</i>	<i>Poned</i>	FT	'a'a	'a'a	'a'a	FTA	FTA	FDA	FDA	FTA	'a'a	'a'a
SiO ₂	55.94	55.65	50.91	50.56	48.69	56.84	53.07	51.11	66.24	66.05	65.83	65.49	68.41	53.39	53.97
TiO ₂	1.30	1.33	1.17	1.07	1.06	1.46	1.17	1.52	0.93	0.96	0.97	0.95	0.86	1.41	1.16
Al ₂ O ₃	14.45	14.29	14.42	14.09	15.02	13.10	14.81	13.44	12.78	13.23	13.05	12.78	12.47	13.65	11.97
Fe ₂ O ₃	10.17	10.39	11.08	11.06	10.51	13.03	11.72	13.80	6.45	6.07	6.42	6.35	6.02	12.44	10.43
MnO	0.13	0.15	0.17	0.16	0.18	0.18	0.18	0.21	0.10	0.08	0.10	0.11	0.11	0.19	0.12
MgO	3.85	4.08	7.14	8.62	6.38	2.97	5.01	4.42	1.33	0.93	1.39	1.38	0.99	4.70	3.11
CaO	6.38	7.11	9.81	9.71	9.94	6.69	8.98	7.95	2.82	2.45	3.14	3.49	2.63	8.78	4.80
Na ₂ O	2.82	2.63	2.03	1.82	1.66	2.52	2.43	2.12	2.83	2.86	2.96	3.47	2.94	2.53	3.22
K ₂ O	2.65	2.34	1.06	0.92	1.14	2.55	1.73	1.40	4.00	4.02	4.19	2.80	4.25	0.78	1.46
P ₂ O ₅	0.28	0.29	0.16	0.14	0.14	0.22	0.16	0.19	0.27	0.26	0.27	0.26	0.26	0.18	0.19
PF	1.8	1.5	1.7	1.5	5.0	0.2	0.5	3.5	2.1	2.9	1.5	2.7	0.9	1.7	9.4
SOMA	99.76	99.76	99.75	99.74	99.78	99.76	99.76	99.72	99.84	99.82	99.83	99.82	99.84	99.77	99.82
Hf	5.9	5.5	3.4	2.8	3.3	5.6	4.2	4.3	7.4	7.0	6.9	6.9	6.6	4.2	3.7
Ta	1.3	1.3	0.6	0.5	0.4	0.9	0.6	0.7	1.6	1.6	1.7	1.7	1.6	0.8	0.5
W	0.7	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.6	<0.5	<0.5	1.0	1.0	1.3	1.6	1.9	<0.5	0.5
Pb	1.8	3.3	2.4	2.1	3.5	2.9	2.4	4.9	2.4	2.5	3.0	1.4	3.4	3.4	6.7
Bi	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	0.1	0.1	<0.1	0.2	<0.1	0.2
Th	8.9	8.5	3.7	3.1	4.1	8.8	5.4	6.3	14.3	14.4	14.8	14.0	14.3	5.9	4.9
U	1.6	1.4	0.9	0.8	0.7	1.8	0.9	1.3	4.8	4.2	4.7	4.9	5.3	1.5	1.1
Sc	30	31	37	36	35	35	35	37	17	18	18	18	16	35	29
Be	1	1	<1	<1	<1	2	<1	1	3	3	3	3	3	2	<1
V	253	257	276	255	231	325	253	369	82	86	100	97	93	383	218
Cr	0.004	0.006	0.040	0.047	0.032	<0.002	0.005	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.004	<0.002
Co	33.0	33.9	40.7	46.4	38.8	37.3	39.2	38.5	12.4	13.4	12.8	13.5	10.8	40.1	30.6

Continuação Tabela 2

	LR-02-A	LR-04-A	LR-11-A	LR-12-A	LR-15-A	LR-18-B	LR-23-A	LR-27-B	LR-28-A	LR-29-A	LR-32-A	LR-33-B	LR-35-A	LR-38-A	LR-39-B
Litologia	Basalto	Basalto	Basalto	Basalto	Basalto	Basalto	Basalto	Basalto	Riolito	Riolito	Riolito	Riolito	Riolito	Basalto	Basalto
Fácies	<i>Poned</i>	<i>Poned</i>	<i>Poned</i>	<i>Poned</i>	FT	'a'a	'a'a	'a'a	FTA	FTA	FDA	FDA	FTA	'a'a	'a'a
Ni	27	28	99	161	114	27	48	35	<20	<20	<20	<20	<20	39	32
Cu	20.6	23.0	129.2	76.7	85.2	96.7	88.3	97.1	59.4	49.3	79.2	62.3	37.1	125.4	118.9
Zn	53	41	35	26	32	51	36	25	52	50	49	38	55	30	65
Ga	19.9	18.9	16.1	15.4	16.9	18.8	17.9	19.2	16.3	16.9	18.1	18.6	16.2	19.8	17.1
Rb	87.8	81.5	32.2	27.6	42.1	79.9	54.6	91.9	165.5	168.1	163.9	186.9	166.7	44.7	68.5
Sr	272.9	275.1	230.1	214.5	138.9	214.5	252.6	259.8	152.2	156.9	159.1	165.4	148.5	223.9	217.2
Y	28.1	27.1	22.0	19.4	21.0	32.9	26.4	32.0	38.3	43.5	36.3	36.5	38.1	27.9	23.6
Zr	211.0	203.4	106.7	95.1	106.8	181.1	135.2	142.7	215.5	224.2	255.2	244.0	245.7	158.4	120.6
Nb	19.6	18.5	8.3	7.3	7.2	13.4	10.1	12.6	18.7	20.0	21.1	19.6	19.6	11.0	9.3
Cs	1.6	1.3	0.4	0.6	1.3	1.9	0.7	11.0	6.6	8.1	6.2	10.6	6.9	2.5	2.6
Ba	619	585	256	233	260	516	394	685	626	656	619	624	666	327	310
La	33.2	32.7	16.1	14.3	16.0	30.3	22.2	27.8	39.9	42.1	39.9	39.7	41.0	20.5	18.5
Ce	67.7	68.5	34.5	31.0	34.5	63.3	46.1	46.9	82.0	84.0	83.9	81.8	82.3	43.7	35.3
Pr	8.39	8.36	4.52	3.95	4.44	7.91	5.86	7.24	9.84	10.63	10.26	9.99	10.20	5.47	4.62
Nd	33.0	32.5	16.8	16.1	17.7	29.6	23.0	28.4	37.4	40.7	40.1	39.7	37.8	21.4	19.1
Sm	6.86	6.82	3.96	3.63	3.89	6.52	4.76	6.29	7.69	8.37	8.50	8.25	8.39	5.47	4.54
Eu	1.64	1.63	1.23	1.13	1.16	1.75	1.45	1.81	1.56	1.87	1.59	1.58	1.63	1.48	1.25
Gd	6.06	6.13	4.10	3.74	4.06	6.63	5.03	6.49	7.42	8.39	7.46	7.49	7.70	5.54	4.56
Tb	1.00	1.00	0.74	0.63	0.71	1.14	0.86	1.09	1.24	1.42	1.27	1.26	1.30	0.95	0.80
Dy	5.50	5.69	4.29	3.80	4.08	6.30	5.23	6.52	7.36	8.38	7.09	7.06	7.36	5.73	4.75
Ho	1.08	1.06	0.87	0.76	0.83	1.29	1.04	1.23	1.37	1.62	1.36	1.38	1.44	1.10	0.90
Er	3.10	3.05	2.48	2.22	2.47	3.73	3.17	3.51	4.08	4.69	3.79	3.91	4.12	3.08	2.65
Tm	0.45	0.46	0.36	0.33	0.36	0.53	0.46	0.51	0.60	0.68	0.57	0.59	0.59	0.48	0.40
Yb	2.82	2.92	2.22	2.10	2.29	3.27	2.83	3.19	3.70	3.96	3.71	3.84	3.74	2.99	2.46
Lu	0.43	0.42	0.35	0.32	0.33	0.51	0.42	0.47	0.55	0.61	0.53	0.54	0.57	0.44	0.35

Utilizando razões entre SiO_2 e Zr, como proposto no trabalho de Peate (1997), as rochas aflorantes na área de estudo ocupam em áreas compatíveis as da suíte de baixo TiO_2 , sendo que as rochas máficas ocupam o campo do grupo Gramado, e as félsicas do grupo Palmas.(Fig. 29) Estes últimos tem características semelhantes as do subgrupo Caxias do sul (Fig.30 a –b)

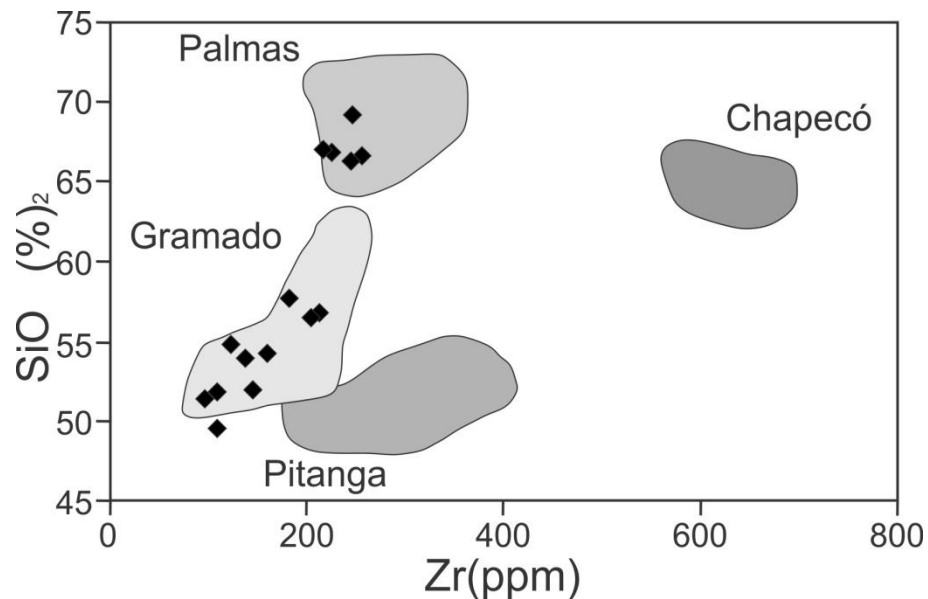


Figura 29 - Classificação geoquímica de magma-tipo (modificado de Peate 1997) (campos em tons de cinza representam distribuição populacional das amostras do trabalho de Peate 1997)

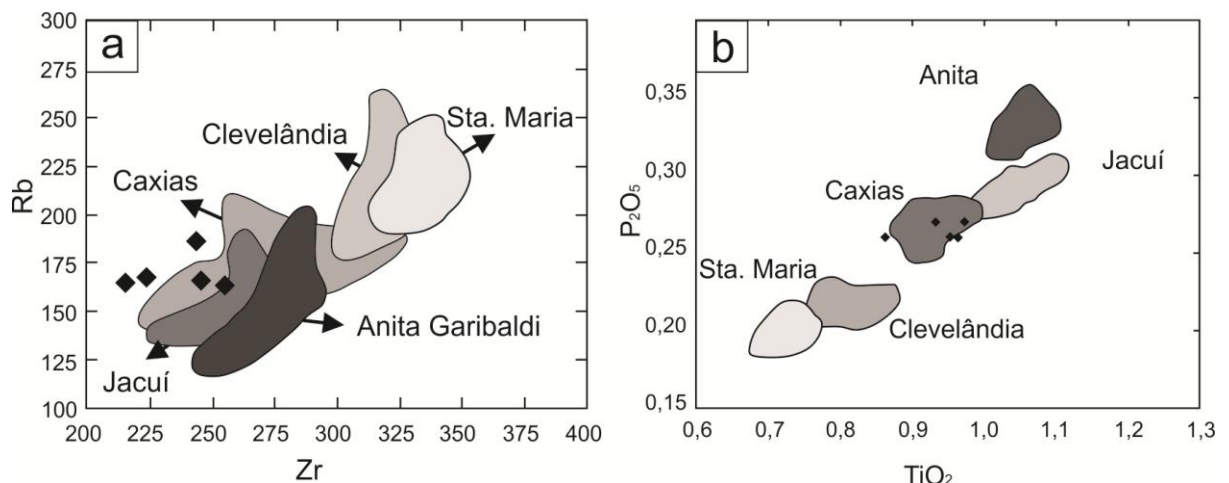


Figura 30 - Classificação geoquímica de sub-grupos para as rochas ácidas da FSG. a) Diagrama de variação Rb vs Zr (modificado de Nardy 2008); b) diagrama de discriminação dos sub-grupos das rochas ácidas do tipo Palmas.

4.3 IMPORTÂNCIA DOS DIFERENTES DERRAMES PARA A GÊNESE DA FORMAÇÃO SERRA GERAL

A Associação de Fácies Básica I agrupa derrames basálticos do tipo *pahoehoe* formados por baixas taxas de efusão. Estas condições permitem que estes derrames formem uma carapaça vítrea ao entrar em contato com a superfície. Esta carapaça isola a lava permitindo que o resfriamento ocorra de forma lenta e gradual, possibilitando assim que estes derrames atinjam grandes distâncias das áreas de emissão. Como resultado tem-se um paleorelevo suavizado pela lateralização destes derrames.

Na associação de Fácies Básicas II a ocorrência de derrames *pahoehoe* sobre derrames do tipo 'a'a pode indicar uma queda nas taxas de efusão durante uma única erupção. Essa sequência foi descrita por Lockwood and Lipman (1987) no arquipélago do Havaí e é caracterizada por derrames 'a'a na base, formados durante os estágios iniciais, nos quais as taxas de efusão eram altas, sotopostos por derrames *pahoehoe* formados durante fases tardias que mantinham baixas taxas de efusão.

A ocorrência de derrames 'a'a pode estar diretamente relacionada com áreas próximas aos centros eruptivos, tendo em vista que estes derrames são termicamente incompetentes e não se deslocam por grandes distâncias (tipicamente << dezenas de quilômetros, em Walker 1973; Harris & Rowland 2001, 2009, *in* Brown, 2011).

As lavas ácidas assumem em superfície uma estruturação dômica determinada pela resistência do fluxo em fluir tendo em geral vitrófiros na base e no topo sendo as vesículas menores no topo. Este arranjo permite ao núcleo uma cristalização com uma taxa menor de resfriamento favorecendo a geração de texturas granofírica e fanerítica. As porções distais dos centros eruptivos tem foliações horizontalizadas, formando derrames com geometrias tabulares e estruturas de fluxo bem marcadas. (Fig. 31)

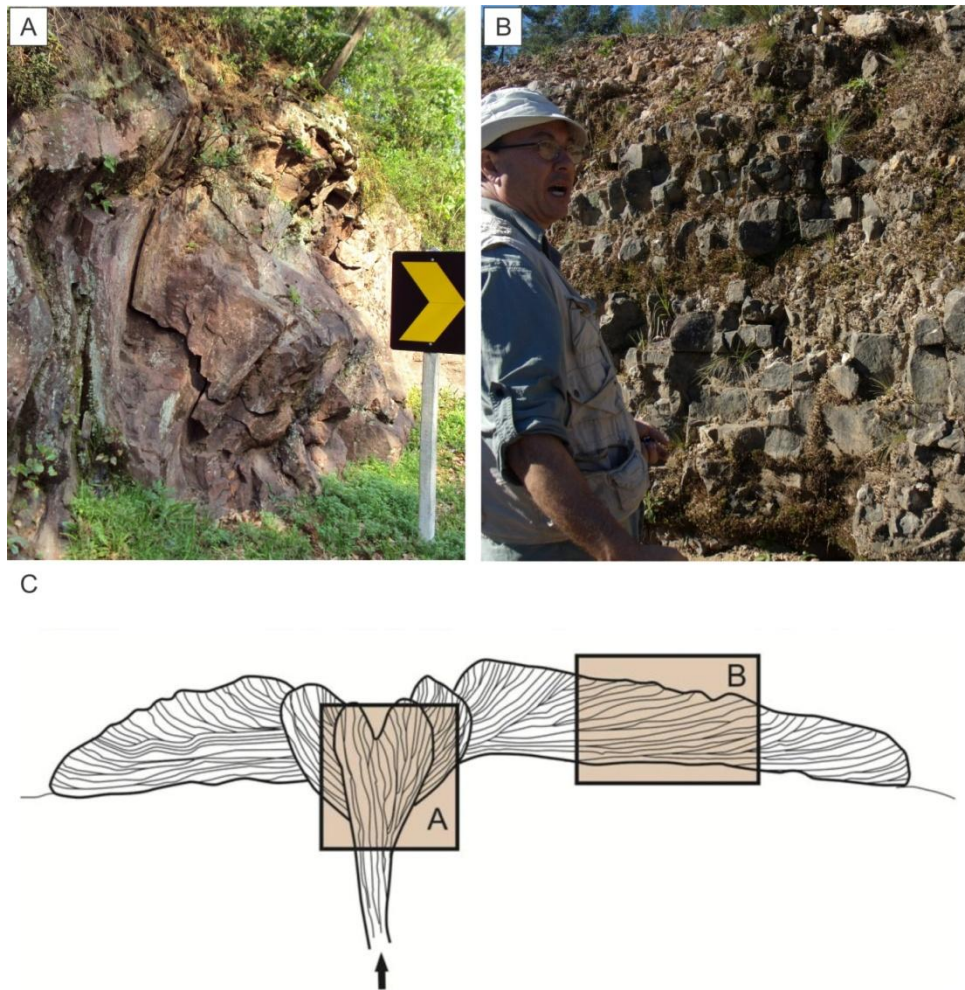


Figura 31 - Estruturação das fácies nas diferentes porções das lavas ácidas. a) foliações verticais e onduladas nas porções centrais dos domos; b) estruturação na forma de derrames tabulares; c) modelo de posicionamento de grandes domos ácidos (modificado de Fink, 1983)

4.4 DIFERENÇAS PETROGRÁFICAS ENTRE AS ROCHAS BÁSICAS DA FORMAÇÃO SERRA GERAL

As diferentes fácies básicas que compõe o perfil Feliz - Caxias do Sul, representadas nas Associações de fácies I e II, estão relacionadas a derrames 'a'a e *pahoehoe*. São quimicamente semelhantes, e petrograficamente formados por assembléias minerais a base de plagioclásio, augita e minerais opacos.

Em contraponto, são observados grandes contrastes morfológicas e texturais, sendo este último observado principalmente em escala microscópica.

Os derrames do tipo 'a'a, são marcados por textura afanítica microcristalina a hipocristalina com grande quantidade de micrólitos de plagioclásio nas porções de núcleo, que difere dos lobos e derrames *pahoehoe* que tem matriz de granulação mais grossa e fenocristais de plagioclásio com dimensões maiores. Este contraste textural permite separar petrograficamente os dois tipos de derrames subaéreos e este critério pode ser estendido para áreas geologicamente semelhantes (p.ex Havaí: Polacci *et al.*, 1999; Lentz & Taylor, 2002; Platô do Oregon: Bondre & Hart, 2008; e Deccan: Brown *et al.*, 2011, entre outras). Diferenças texturais deste tipo foram destacadas por MacDonald (1953) que atribuiu a maior cristalinidade (quantidade de cristais) aos núcleos de 'a'a ao movimento mais vigoroso durante o *emplacement*.

Sato (1995) investigando os padrões texturais entre tipos de lavas básicas destacou uma menor densidade populacional de plagioclásio na matriz e a textura mais grossa envolvendo plagioclásio das lavas *pahoehoe* quando comparadas as lavas 'a'a, apesar de estes dois tipos terem praticamente a mesma química.

Estas diferenças são genericamente atribuídas ao rápido resfriamento das lavas 'a'a (sistema aberto e canalizado) em comparação às *pahoehoe* (sistema fechado e horizontalizado), porém este fato não explica o maior volume de micrólitos de plagioclásio na matriz das primeiras.

A maior densidade populacional de plagioclásio na matriz dos derrames 'a'a pode estar relacionada à combinação de fatores como o subresfriamento (*undercooling*), a desvolatilização e a taxa de erupção ou vazão.

O subresfriamento (*undercooling*) marca a diferença entre a temperatura da *liquidus* e a temperatura efetiva do início da cristalização, influencia na taxa de nucleação, crescimento e na morfologia dos cristais. Subresfriamentos moderados indicam uma queda mais rápida na temperatura do magma e favorece a nucleação sobre o crescimento dos cristais. Este intervalo de temperaturas é fortemente modificado pela desgaseificação, pois a temperatura *liquidus* decresce com a pressão antes da desvolatilização e cresce abruptamente com a exsolução da água.

Kouchi *et al.* (1986) demonstrou experimentalmente que um acréscimo no movimento interno de um magma básico aumenta a nucleação de plagioclásio (efeito de *shear*) diminuindo, portanto o tempo de incubação destes cristais.

O padrão textural e a densidade populacional de plagioclásio nas lavas 'a'a pode ser explicado pela maior taxa de efusão ($> 5\text{m}^3/\text{s}$) destes sistemas. Uma

condição pré-eruptiva de rápida ascensão do magma promoveria a perda de voláteis nas porções superiores gerando um padrão convectivo do sistema com as porções não desvolatizadas (Kazahaya *et al.*, 1994). Este movimento aceleraria o processo de desgaseificação e aumentaria o intervalo do subresfriamento e o efeito de *shear* no sistema. A combinação destes fatores favoreceria a rápida nucleação de cristais de plagioclásio com morfologias alongadas e parcialmente reabsorvidas.

4.5 VULCÂNITOS ÁCIDOS DA FORMAÇÃO SERRA GERAL

As rochas vulcânicas ácidas da Formação Serra Geral podem ser classificadas petrograficamente como latitos, quartzo latitos, riolitos e dacitos. Em diagramas de classificação de álcalis vs SiO_2 essas rochas plotam no campo dos dacitos. Este fato pode ser relacionado a presença de grandes quantidades de material vítreo nas rochas latíticas, tendo esta composição rica em SiO_2 .

Para a área de estudo a estruturação destas rochas vulcânicas na forma de domos de lava e derrames tabulares, além de uma estruturação típica, definida por de vitrófiros e obsidianas nas porções externas, gradando para granófiros nas porções centrais nos domos (semelhante ao modelo de Fink, 1983), aliada a ausência de feições piroclásticas como fragmentos de cristais e litoclastos (macro e microscópicos), permite definir a sua gênese como sendo vulcânica efusiva.

5 CONCLUSÕES

- Na área de estudo as primeiras manifestações vulcânicas estão posicionadas sobre os arenitos da Formação Botucatu, preenchendo os vales de interdunas na forma de *ponded pahoehoe* e cobrindo as superfícies das dunas na forma de lobos anastomosados. A ocorrência dos lobos anastomosados pode ser atribuída a escapes de lava dos derrames *ponded* durante o preenchimento dos vales, na forma de *squezze-ups*, permitindo assim a sobreposição dos lobos.
- Feições de interação entre os sedimentos eólicos e os fluxos básicos permitem concluir que, na área, os sedimentos da Formação Botucatu estavam inconsolidados e constituíam um sistema eólico ativo, quando o vulcanismo teve início.
- As manifestações vulcânicas iniciais foram estabelecidas sob uma taxa de efusão baixa. O posicionamento passivo destes derrames permitiu o soterramento instantâneo e a preservação de feições sedimentares da Formação Botucatu.
- Após a peneplanização do relevo os derrames *pahoehoe* são tabulares e mais espessos (em média 3m), formados por taxas de efusão baixas, porém relativamente constantes no tempo, permitindo a inflação destes derrames.
- A passagem do vulcanismo do tipo *pahoehoe* para um vulcanismo do tipo 'a'a, esta diretamente relacionada a um aumento significativo nas taxas de efusão ($> 10\text{m}^3/\text{s}$), descartando-se a hipótese de que estes foram condicionados por influência da paleotopografia, considerando o fato dos derrames antecessores (*pahoehoe*) produziram um relevo aplainado.
- A presença de derrames do tipo 'a'a é um forte indicativo de proximidade de centros de efusão, considerando que estes fluxos são termicamente incompetentes, não podendo assim atingir grandes distâncias dos centros de efusão.
- As características morfológicas e petrográficas das rochas da fácies lobular escoriácea, em comparação com exemplos mundiais (ex: Havaí, Deccan traps), permite afirmar que estas, são derrames do tipo 'a'a.
- Petrograficamente é possível separar derrames *pahoehoe* de derrames 'a'a. Os núcleos de derrames 'a'a tem textura glomeroporfírica composta por fenocristais de plagioclásio, emersos em matriz muito fina ($<0,1\text{mm}$) a hipocristalina, com grande

densidade populacional de micrólitos de plagioclásio quando comparada a derrames *pahoehoe*. Estes por sua vez tem texturas porfírica a glomeroporfírica em matriz fanerítica fina, textura *dikilitaxítica*, característica de sistemas fechados. Esta constatação pode ser importante para a investigação de sequências vulcânicas em furos de sondagem.

- Com base em dados de litoquímica é possível concluir que as rochas vulcânicas básicas da FSG na área estudada se assemelham as da série de baixo TiO_2 , pertencendo ao sub grupo Gramado. Já as rochas ácidas pertencem ao grupo Palmas, sub-grupo Caxias do Sul.
- As rochas ácidas são efusivas, sendo a zonação de níveis vesiculares para obsidianas, para granófiros, característica de lavas e domos de lavas ácidos. A ausência de feições piroclásticas também atesta para este fato.

REFERÊNCIAS

Aubele, J. C.; Crumpler, I. S.; Elston, W.E. (1988). Vesicle zonation and vertical structure of basalt flows. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 35: 349-374.

Bellieni, G.; Comin-Chiaromonte, P.; Marques, L. S.; Melfi, A. J.; Piccirillo, E. M.; Nardy, A. J. R.; Roisenberg, A. (1984). High- and Low-Ti flood basalts from the Paraná plateau (Brazil): Petrogenetic and geochemical aspects bearing on their mantle origin. *Neues Jahrbuch für Mineralogie (Abhandlungen)*, 150: 272-306.

Bondre, N. R.; Duraiswami, R. A.; Dole, G. (2004). Morphology and emplacement of flows from the Deccan Volcanic Province, India. *Bulletin of Volcanology*, 66: 29-45.

Bondre, N.R.; Hart, W.K. (2008). Morphological and textural diversity of the Steens Basalt lava flows, southeastern Oregon, USA: implications for emplacement style and nature of eruptive episodes. *Bulletin of Volcanology*, 70: 999-1019.

Bryan, S. E.; Ernst, R. (2008). Revised Definition of Large Igneous Province (LIP). *Earth Science Reviews*, 86: 175-202.

Bryan, S. E.; Peate, I. U.; Peate D. W.; Self, S.; Jerram, D. A.; Mawby, M. R.; Marsh, J. S.; Miller, J. A. (2010). The largest volcanic eruptions on Earth. *Earth-Science Reviews*, 102: 207-229.

Brown, R.J.; Blake S.; Bondre N. R.; Phadnis, V. M.; Self. S. (2011). 'A'ā lava flows in the Deccan Volcanic Province, India, and their significance for the nature of continental flood basalt eruptions. *Bulletin of Volcanology*, 73: 737-752.

Duraiswami, R. A.; Dole, G.; Bondre, N.R. (2003). Slabby pahoehoe from the western Deccan Volcanic Province: evidence for incipient pahoehoe aa transitions *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 121: 195-217.

Duraiswami, R. A.; Bondre, N.R.; Dole, G.; Phadnis, V.M.; Kale, S.V. (2001). Tumuli and associated features from the western Deccan Volcanic Province, India. *Bulletin of Volcanology*, 63: 435-442.

Fink, J. H. (1983). Structure and emplacement of a rhyolitic obsidian flow; Little Glass Mountain, Medicine Lake Highland, northern California. *Geological Society of America Bulletin*, 94 (3): 362-380.

Fink, J. H; Pollard, D.D. (1983). Structural evidence for dikes beneath silicic domes, Medicine Lake Highland volcano, California. *Geology*, 11: 458-461.

Frank, H.T.; Gomes, M.E.B; Formoso, M.L.L. (2009). Review of the areal extent and the volume of the Serra Geral Formation, Paraná Basin, South America. *Pesquisas em Geociências*, 36 (1): 49-57.

Holz , M.; Soares, A.P.; Soares, P.C. (2008). Preservation of aeolian dunes by pahoehoe lava: An example from the Botucatu Formation (EarlyCretaceous) in Mato Grosso do Sul state (Brazil), western margin of the Paraná Basin in South America. *Journal of South American Earth Sciences*, 25: 398–404.

Hon, K.; Kauahikaua, J.; Denlinger, R.; Mackay, K. (1994). Emplacement and inflation of pahoehoe sheet flows: Observations and measurements of active lava flows on Kilauea, Hawaii. *Geological Society of America Bulletin*, 106: 351–370.

Hon, K.; Gansecki, C.; Kauahikaua, J. (2003). The transition from 'a' ā to pāhoehoe crust on flows emplaced during the Pu'u'Ō'ō-Kū paianaha eruption. *United States Geological Survey professional paper*, 1676: 89-103.

Janasi, V.A; Freitas, V.A.; Heaman, L.H. (2011).The onset of flood basalt volcanism, Northern Paraná Basin, Brazil: Aprecise U–Pb baddeleyite/zircon age for a Chapecó-type dacite. *Earth and Planetary Science Letters*, 302: 147-153.

Janousek, V.; Farrow, C.M.; Erban, V. (2006). TECHNICAL NOTE Interpretation of Whole-rock Geochemical Data in Igneous Geochemistry: Introducing Geochemical Data Toolkit (GCDkit). *Journal of Petrology*, 47(6): 1255-1259.

Jerram, D. A. (2002). Volcanology and Facies architecture of flood basalts. Geological Society of America, Special paper. *In Volcanic rifted margins*. Martin A. Menzies (362).

Jerram, D.A.; Mountney, N.; Howell, J.; Long, D.; Stollhofen, H. (2000a). Death of a Sand Sea: anactive erg systematically buried by the Etendeka flood basalts of NW Namibia. *Journal of the Geological Society (London)*, 157: 513–516.

Jerram, D.A.; Mountney, N.; Howell, J.; Stollhofen, H. (2000b). The Fossilised Desert: recent developments in our understanding of the Lower Cretaceous deposits in the Huab Basin NW Namibia. *Communications of the Geological Survey of Namibia*, 12: 269–278.

Jerram, D. A.; Stollhofen, H. (2002a). Lava/sediment interaction in desert settings; are all peperite-like textures the result of magma–water interaction? *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 114: 231–249.

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.

Kilburn, C. (1990). Surfaces of Aa Flows-fields on Mount Etna, Sicily: Morphology, rheology, crystallization and scaling phenomena. Fink, J.H. (ed.) *Lava Flows and Domes*, Berlin, Springer-Verlag, p. 129-156.

Kazahaya, K.; Shinohara, H.; Saito, G. (1994). Excessive degassing of Izu-Oshima volcano: magma convection in a conduit. *Bulletin of Volcanology*, 56 (3): 207-216.

Kent, R.W.; Thomson, B.A.; Skelhorn, R.R.; Kerr, A.C.; Norry, M.J.; Walsh, J.N. (1998). Emplacement of Hebridean Tertiary flood basalts: evidence from an inflated pāhoehoe lava flow on Mull, Scotland. *Journal of the Geological Society (London)*, 155: 599-607.

Keszthelyi, L.; Self, S.; Thordarson, T. (1999). Application of Recent studies on the emplacement of basaltic lava flows to the Deccan Traps. In: Subbarao K.V. (ed) Deccan Volcanic Province, *Memoir of the Geological Society of India*, 43: 485-520.

Kouchi, A.; Tsuchiyama, A.; Sunagawa, I. (1986). Effect of stirring on crystallization kinetics of basalt: texture and element partitioning. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 93: 426-438.

Lima, E.F.; Waichel, B.L; Rossetti, L.M.M; Viana, A.R.; Scherer, C.M.S.; Bueno, G.V.; Dutra, G.T. (2011). Morfologia e Padrões Petrográficos dos Derrames Pahohoe e 'a'a da Formação Serra Geral na Sinclinal de Torres (RS). *Revista Brasileira de Geociências*. Submetido.

Lentz, R.C.F.; Taylor, G.J. (2002). Petrographic textures and insights into basaltic lava flow emplacement on Earth, the Moon, and Vesta. Lunar and Planetary Science Conference XXXIII, abstract 1332.pdf.

Lockwood, J. P., Lipman, P. W. (1980). Recovery of datable charcoal from beneath young lava flows-lessons from Hawaii: *Bulletin of Volcanologie*, 43(3): 609-615.

Lockwood, J.P.; Lipman, P.W. (1987). Holocene eruptive history of Mauna Loa volcano. *United States Geological Survey professional paper*, 1350: 509-535.

Long, P.E.; Wood, B.J. (1986). Structures, textures and cooling histories of Columbia River Basalt flows. *Bulletin of The Geological Society of America*, 97:1144-1155.

Lorenzatti, A.; Santin, C.A.; Castro, E.E.S.; Goldberg, K.; De Ros, L.F.; Abel, M.; Paesi, O. (2011). Hardledge workstation 1.1.0.1111. Endeuper. Porto Alegre, Brasil.

Macdonald, G. A. (1953). *Pahoehoe, aa, and block lava*. *American Journal of Science*, 251: 169-191.

Mantovani, M. S. M.; Marques, L. S.; De Sousa, M. A.; Civetta, L.; Atalla, L.; Innocenti, F. (1985). Trace element and strontium isotope constraints on the origin and evolution of Paraná continental flood basalts of Santa Catarina State, southern Brazil. *Journal of Petrology*, 26: 187-209.

McPhie, J. (1993). Volcanic textures: a guide to the interpretation of textures in volcanic rocks. Centre for Ore Deposit and Exploration Studies. University of Tasmania.

Melfi, A. J.; Piccirillo, E. M.; Nardy, A. J. R. (1988). Geological and magmatic aspects of the Paraná Basin: an introduction. In: Piccirillo E. M., Melfi A. J. (eds.) *The Mesozoic flood volcanism of the Paraná Basin: Petrogenetic and Geophysical Aspects*. IAG-USP, p. 1-13.

Milner, S. C.; Duncan, A. R.; Whittingham, A. M.; Ewart, A. (1995). Trans-Atlantic correlation of eruptive sequences and individual silicic volcanic units within the Paraná-Etendeka igneous province. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 69: 137-157.

Nardy, A.J.R.; Machado, F.B.; Oliveira, M.A.F. (2008). As Rochas vulcânicas mesozóicas da Bacia do Paraná: litoestratigrafia e considerações geoquímico-estratigráficas. *Revista Brasileira de Geociências*, 38(1): 178-195.

Passey, S.R.; Bell, B.R. (2007). Morphologies and emplacement mechanisms of the lava flows of the Faroe Islands Basalt Group, Faroe Islands, NE Atlantic Ocean. *Bulletin of Volcanology*, 70: 139-156.

Petrelli, M.; Poli, G.; Perugini, D.; Peccerillo, A. (2005) Petrograph: a New Software to Visualize, Model, and Present Geochemical Data in Igneous Petrology. *Geochemistry Geophysics, Geosystems.*, Vol. 6, Q07011, DOI 10.1029/2005GC000932.

Peate, D. W. (1997). The Paraná-Etendeka Province. In: Mahoney JJ, Coffin M (eds) Large Igneous Provinces, *American Geophysical Union Geophysical Monograph*, 100: 217-245.

Peate, D. W.; Hawkesworth, C. J. & Mantovani, M. S. M. (1992). Chemical stratigraphy of the Paraná lavas (South America): classification of magma types and their spatial distribution. *Bulletin of Volcanology*, 55: 119-139.

Pinkerton, H.; Sparks, R. S. J. (1976). The 1975 sub-terminal lavas, Mount Etna: A case history of the formation of compound lava field. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 1: 176-182.

Polacci, M.; Cashman, K.V.; Kauahikaua, J.P. (1999). Textural characterization of the pāhoehoe - 'a'ā transition in Hawaiian basalt. *Bulletin of Volcanology*, 60: 595-609.

Reidel, S.P. (1998) Emplacement of Columbia River flood basalt. *Journal of Geophysical Research*, 103: 27393-27410.

Rowland, S. K.; Walker, G. P. L. (1990). Pahoehoe and aa in Hawaii: volumetric flow rate controls the lava structure. *Bulletin of Volcanology*, 52: 631-64.

Sato, H. (1995). Textural difference between pahoehoe and aa lavas of Izu-Oshima Volcano, Japan, and experimental study on population density of plagioclase. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 66: 101–113.

Scherer, C. M. S. (2002). Preservation of a eolian genetic units by lava flows in the Lower Cretaceous of the Paraná Basin, southern Brazil. *Sedimentology*, 49: 97-116.

Schmincke, H.U. *Volcanism*. Berlin, Springer-Verlag, 2004.

Self, S.; Keszthelyi, L. & Thordarson, T. (1998). The importance of pahoehoe. *Annual Reviews of Earth and Planetary Science*, 26: 81-110.

Self, S.; Thordarson, T.; Keszthelyi, L.; Walker, G. P. L.; Hon, K.; Murphy, M. T.; Long, P.; Finnemore, S. (1996). A new model for the emplacement of Columbia River basalts as large, inflated pahoehoe lava flow fields. *Geophysical Research Letters*, 23: 2689-2692.

Self, S.; Thordarson, T.; Keszthelyi, L.P. (1997). Emplacement of Continental Flood Basalt Lava Flows. In: J.J. Mahoney and M.F. Coffin (Editors), Large igneous provinces; continental, oceanic, and planetary flood volcanism Geophysical Monograph 100. *American Geophysical Union*, Washington, DC, 381-410.

Shaw, H.R.; Swanson, D.A. (1970). Eruption and flow rates of flood basalts: proceedings of the *Second Columbia River Basalt Symposium*, East Washington State College Press, Cheney, 271– 299.

Sheth, H.C. (2006). The emplacement of pahoehoe lavas on Kilauea and in the Deccan Traps. *Journal of Earth System Science*, 115: 615-629.

Single, R.T.; Jerram, D.A. (2004). The 3D facies architecture of flood basalt provinces and their internal heterogeneity: examples from the Palaeogene Skye Lava Field. *Journal of the Geological Society (London)*, 161: 911-926.

Thordarson, T.; Self, S. (1998). The Roza Member; Columbia River Basalt Group: a gigantic pahoehoe lava flow field formed by endogenous processes? *Journal of Geophysical Research*, 103: 27411-27445.

Turner, S.; Regelous, M.; Kelley, S.; Hawkesworth, C. J.; Mantovani, M. S. M. Magmatism and continental break-up in the South Atlantic: high precision $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology. (1994) *Earth and Planetary Science Letters*, 121: 333- 348

Waichel, B.L.; Lima, E.F.; Lubachesky, R.; Sommer, C.A. (2006 a) Pahoehoe flows from the central Paraná Continental Flood Basalts. *Bulletin of Volcanology*, 68: 599-610.

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.

Waichel, B.L.; Scherer, C.M.S.; Frank, H.T. (2008). Basaltic lava flows covering active aeolian dunes in the Paraná Basin in southern Brazil: Features and emplacement aspects. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 171: 59-72.

Waichel, B.L.; Lima, E.F.; Viana, A.R.; Scherer, C.M.; Bueno, G.V.; Dutra, G. (2011). Stratigraphy and volcanic facies architecture of the Torres Syncline, Southern Brazil, and its role in understanding the Paraná-Etendeka Continental Flood Basalt Province. *Journal of Volcanology and Geothermal Research in press*.

Walker, G.P.L. (1971). Compound and simple lava flows and flood basalts. *Bulletin of Volcanologie*, 35: 579-590.

Walker, G.P.L. (1973). Lengths of lava flows. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 274: 107-118.

Walker, G.P.L.; Canyon-Tapia, E.; Herrero-Bervera, E. (1999). Origin of vesicle layering and double imbrication by endogenous growth in the Birkett basalt flow (Columbia river plateau). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 88: 15– 28.

White, I. C. (1908) Relatório Final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil. Rio de Janeiro: DNPM, 1988. Parte I; Parte II, p. 301-617. (ed. Fac-similar)

APÊNDICE I

Identificação

Identificação da descrição: LR-001
 Identificação da lâmina: 01-A
 Tipo da rocha: Ígnea
 Nome do poço/afloramento: LR-001
 Unidade/Idade: Formação Serra Geral
 Bloco/Província: Bacia do Paraná
 País: Brasil
 Estado: RS
 Lugar: UTM-E 465821 / UTM-N 6725606 /Elev: 40m
 Instituição: UFRGS
 Petrografo: Lucas Rossetti
 Data da primeira edição: 05/09/2011
 Data da última edição: 08/11/2011
 Usos: Ensino/treinamento

Sumário

Basalto do tipo *ponded pahoehoe* (interdunas), topo do derrame, zona vesicular. Basalto afanítico microcristalino, rico em vesículas preenchidas por nontronita, carbonato e quartzo. Rocha composta predominantemente por cristais de plagioclásio e piroxênio, além de óxidos de ferro. Textura porfirítica a glomeroporfirítica dominantes.

Características Microscópicas Texturais

Estrutura(s): Amigdaloidal (0-1 mm), Vesicular (0-1 mm)
Cristalinidade: Hipocristalina
Granularidade: Microcristalina
Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
Intervalo de tamanho de cristal: Muito fino (0.1 mm) ao Fino (1.0 mm)
Tamanho de cristal modal: Fino (0.3 mm), Muito fino (0.1 mm)

Forma dos cristais / fragmentos

Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática

Textura(s): Porfirítica, Amigdaloidal, Glomeroporfirítica, Peneira

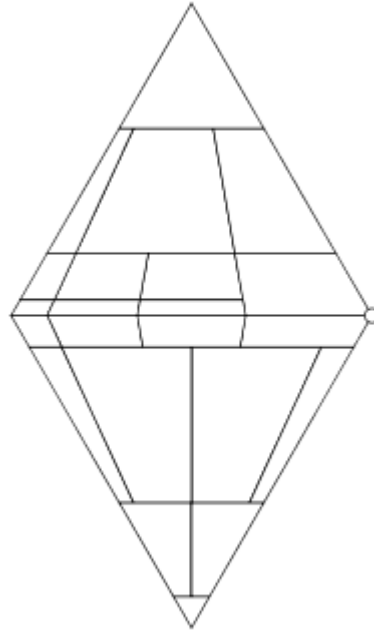
Composição

29.33% Plagioclásio cálcico, Prismático, Como constituinte primário, Maclado, Primária;
 26.33% Hematita, Anédrico, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>,
 Clinopiroxênio indiferenciado, Piroxênios-Piroxenóides, Como constituinte primário;
 4.67% Óxido indiferenciado, Prismático, Como constituinte primário, Primária;
 14.0% Nontronita, Feixe, Preenchendo cavidade, Em <Constituinte>, Vesícula, Poros e
 cavidades;
 0.67% Celadonita, Franja, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Augita,
 Piroxênios-Piroxenóides, Como constituinte primário;
 10.0% Augita, Prismático, Como constituinte primário, Alterado, Primária;
 7.0% Vidro máfico, Maciço, Como constituinte primário, Substituído, Primária;
 4.33% Quartzo, Microcristalina, Preenchendo vesícula, Em <Constituinte>, Vesícula, Poros e
 cavidades;
 2.0% Vesícula;
 1.67% Carbonato indiferenciado, Anédrico, Preenchendo cavidade, Não-maclado, Em
 <Constituinte>, Vesícula, Poros e cavidades;

Classificação

Streckeisen - Vulcânicas Original: Basalto

Q: 0.0
A: 0.0
P: 100.0
F: 0.0



Total

Silicatos	58.333
Não-Silicatos	39.666
Porosidade	2.0
Minerais félsicos	33.666
Minerais máficos	41.0

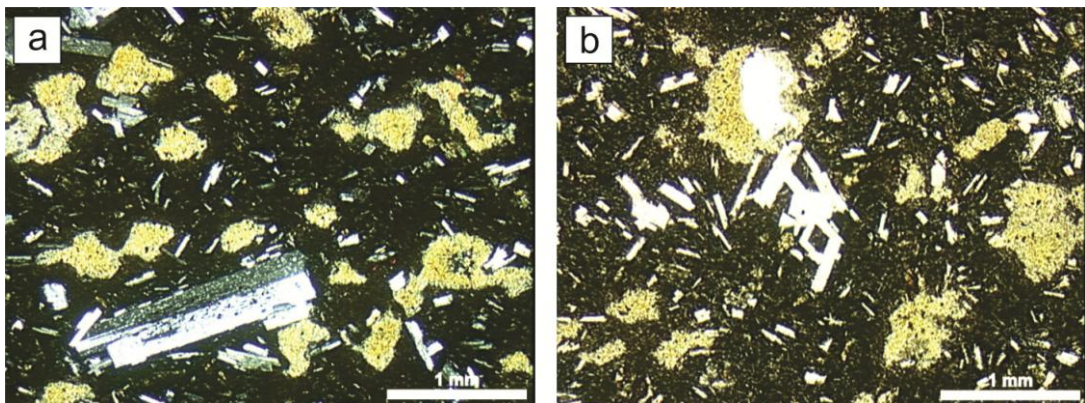


Figura 1 - a) textura porfírica e amgdaloidal, preenchimento de amigdalas por nontronita;b) agrupamento de cristais de plagioclásio caracterizando textura glomeroporfírica.

Identificação

Identificação da descrição: LR-001- B
 Identificação da lâmina: 01-B
 Tipo da rocha: Ígnea
 Nome do poço/afloramento: LR-001
 Unidade/Idade: Formação Serra Geral
 Bloco/Província: Bacia do Paraná
 País: Brasil
 Estado: RS
 Lugar: UTM-E 465821/ UTM-N 6725606/ Elev: 40m
 Instituição: UFRGS
 Petrógrafo: Lucas Rossetti
 Data da primeira edição: 05/09/2011
 Data da última edição: 03/10/2011
 Usos: Ensino/treinamento

Sumário

Diabásio (sill), com granulação fina, textura glomeroporfírica, e intergranular. Petrotrama composta por plagioclásio cálcico e augita, além de óxidos de ferro.

Características Microscópicas Texturais

Estrutura(s): Maciça

Cristalinidade: Holocristalina

Granularidade: Fanerítica

Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular

Intervalo de tamanho de cristal: Muito fino (0.1 mm) ao Médio (3.0 mm)

Tamanho de cristal modal: Fino (0.6 mm), Médio (2.0 mm)

Forma dos cristais / fragmentos

Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica

Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática

Textura(s): Glomeroporfírica, Peneira, Intergranular, Ofítica

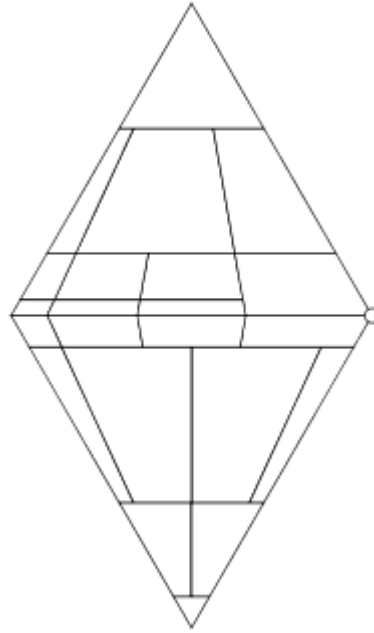
Composição

43.33% Plagioclásio cálcico, Prismático, Como constituinte primário, Maclado, Primária;
 20.0% Augita, Prismático, Como constituinte primário, Fraturado, Primária;
 1.33% Augita, Prismático, Como constituinte primário, Maclado, Primária;
 18.0% Hematita, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Augita, Piroxênios-
 Piroxenóides, Como constituinte primário;
 8.67% Ilmenita, Prismático, Como constituinte primário, Primária;
 4.67% Ilita, Franja, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Plagioclásio cálcico,
 Feldspatos, Como constituinte primário;
 1.67% Esmeclita, Franja, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Augita,
 Piroxênios-Piroxenóides, Como constituinte primário;
 2.33% Magnetita, Prismático, Como constituinte primário, Primária;

Classificação

Streckeisen - Vulcânicas Original: Basalto

Q: 0.0
A: 0.0
P: 100.0
F: 0.0



Total

Silicatos	70.999
Não-Silicatos	29.0
Porosidade	0.0
Minerais félsicos	43.333
Minerais máficos	50.333

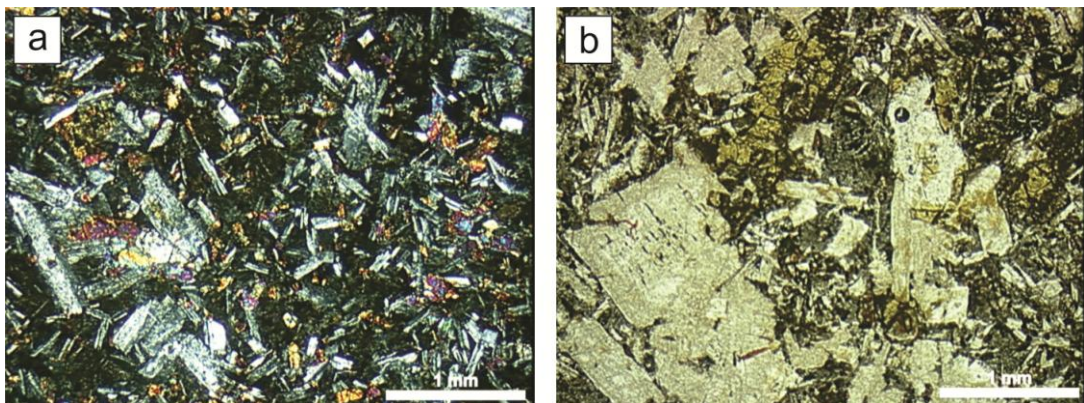


Figura 2 - a) textura glomeroporfírica, caracterizada pelo agrupamento de cristais de plagioclásio e augita;b) fenocristais de plagioclásio com textura em peneira.

Identificação

Identificação da descrição: LR-002
 Identificação da lâmina: 02-A
 Tipo da rocha: Ígnea
 Nome do poço/afloramento: LR-002
 Unidade/Idade: Formação Serra Geral
 Bloco/Província: Bacia do Paraná
 País: Brasil
 Estado: RS
 Lugar: UTM-E 465443 /UTM-N 6725765 / Elev: 53m
 Instituição: UFRGS
 Petrógrafo: Lucas Rossetti
 Data da primeira edição: 05/09/2011
 Data da última edição: 08/11/2011
 Usos: Ensino/treinamento

Sumário

Ponded pahoehoe. Rocha básica composta por plagioclásio e clinopiroxênio. Textura glomeroporfírica milimétrica envolta por matriz fanerítica de granulação fina.

Características Microscópicas Texturais

Estrutura(s): Maciça
Cristalinidade: Holocristalina
Granularidade: Fanerítica
Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
Intervalo de tamanho de cristal: Fino (0.2 mm) ao Médio (2.0 mm)
Tamanho de cristal modal: Fino (0.2 mm)

Forma dos cristais / fragmentos

Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática

Textura(s): Porfírica, Glomeroporfírica, Peneira, Intergranular

Composição

44.67% Plagioclásio cálcico, Prismático, Como constituinte primário, Maclado, Primária;
 18.67% Hematita, Maciço, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Clinopiroxênio indiferenciado, Piroxênios-Piroxenóides, Como constituinte primário;
 9.0% Hematita, Anédrico, Substituindo constituinte, Cobrindo <Constituinte>, Plagioclásio cálcico, Feldspatos, Como constituinte primário;
 8.33% Esmectita, Lamelar, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Plagioclásio cálcico, Feldspatos, Como constituinte primário;
 2.0% Esmectita, Lamelar, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Clinopiroxênio indiferenciado, Piroxênios-Piroxenóides, Como constituinte primário;
 8.33% Augita, Prismático, Como constituinte primário, Primária;
 6.33% Magnetita, Prismático, Como constituinte primário, Primária;
 2.0% Quartzo, Anédrico, Como constituinte primário, Primária;
 0.67% Apatita, Acicular, Como constituinte primário, Primária;

Classificação

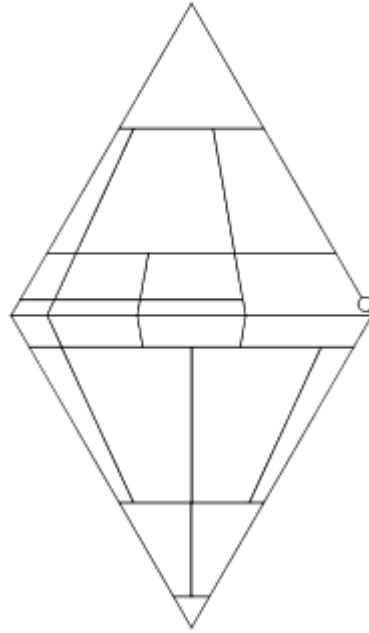
Streckeisen - Vulcânicas Original: Basalto

Q: 3.6370249

A: 0.0

P: 96.362976

F: 0.0



Total

Silicatos 65.333

Não-Silicatos 34.666

Porosidade 0.0

Minerais félsicos 46.666

Minerais máficos 42.333

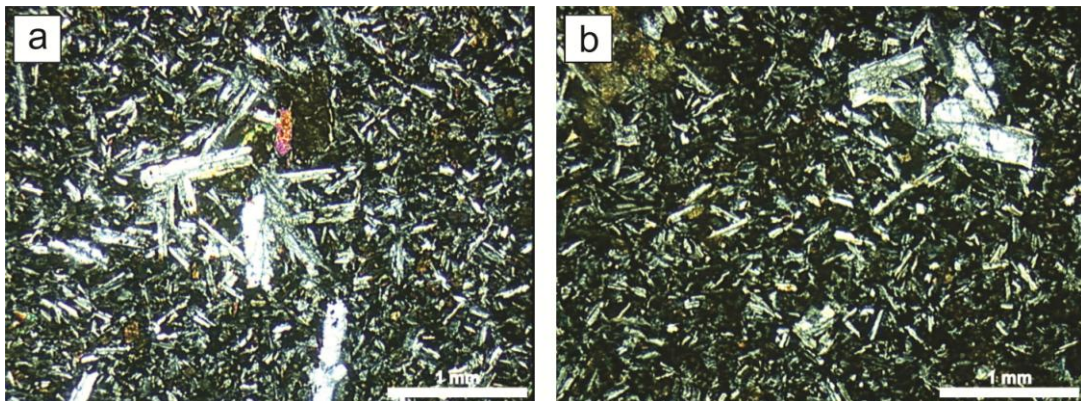


Figura 3 - a) textura glomeroporfírica com cristais de augita alterados; b) matriz fanelítica fina.

Identificação

Identificação da descrição: LR-011
 Identificação da lâmina: 11-A
 Tipo da rocha: Ígnea
 Nome do poço/afloramento: LR-011
 Unidade/Idade: Formação Serra Geral
 Bloco/Província: Bacia do Paraná
 País: Brasil
 Estado: RS
 Lugar: UTM-E 465785/ UTM-N 6743253/ Elev:55m
 Instituição: UFRGS
 Petrógrafo: Lucas Rossetti
 Data da primeira edição: 05/09/2011
 Data da última edição: 19/10/2011
 Usos: Ensino/treinamento

Sumário

Ponded pahoeheo. Derrame espesso canalizado no vale interdunas. Basalto composto por plagioclásio clinopiroxênio e quartzo. Holocristalina com textura fanerítica fina.

Características Microscópicas Texturais

Estrutura(s): Maciça

Cristalinidade: Holocristalina

Granularidade: Fanerítica

Intervalo de tamanho de cristal: Fino (0.15 mm) ao Médio (1.5 mm)

Tamanho de cristal modal: Fino (0.25 mm), Médio (2.0 mm)

Forma dos cristais / fragmentos

Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica

Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática

Textura(s): Porfirítica, Glomeroporfirítica, Subofítica, Ofítica

Composição

48.0% Plagioclásio cálcico, Prismático, Como constituinte primário, Maclado, Primária;

17.67% Augita, Prismático, Como constituinte primário, Maclado, Primária;

14.33% Augita, Prismático, Como constituinte primário, Não-maclado, Primária;

9.33% Quartzo, Anédrico, Como constituinte primário, Primária;

3.67% Esmectita, Lamelar, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Augita,

Piroxênios-Piroxenóides;

1.0% Esmectita, Microcristalina, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>,

Plagioclásio cálcico, Feldspatos, Como constituinte primário;

2.67% Magnetita, Prismático, Como constituinte primário, Primária;

2.67% Hematita, Anédrico, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Augita,

Piroxênios-Piroxenóides, Como constituinte primário;

0.67% Apatita, Acicular, Intracristalino, Em <Constituinte>, Plagioclásio cálcico, Feldspatos,

Como constituinte primário;

Classificação

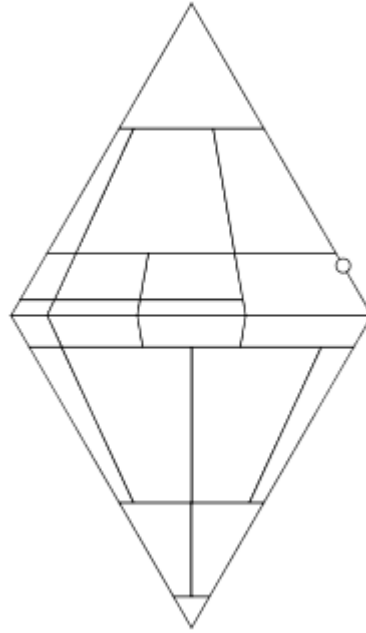
Streckeisen - Vulcânicas Original: Basalto

Q: 15.995199

A: 0.0

P: 84.0048

F: 0.0



Total

Silicatos	94.0
Não-Silicatos	6.0
Porosidade	0.0
Minerais félsicos	57.333
Minerais máficos	37.333

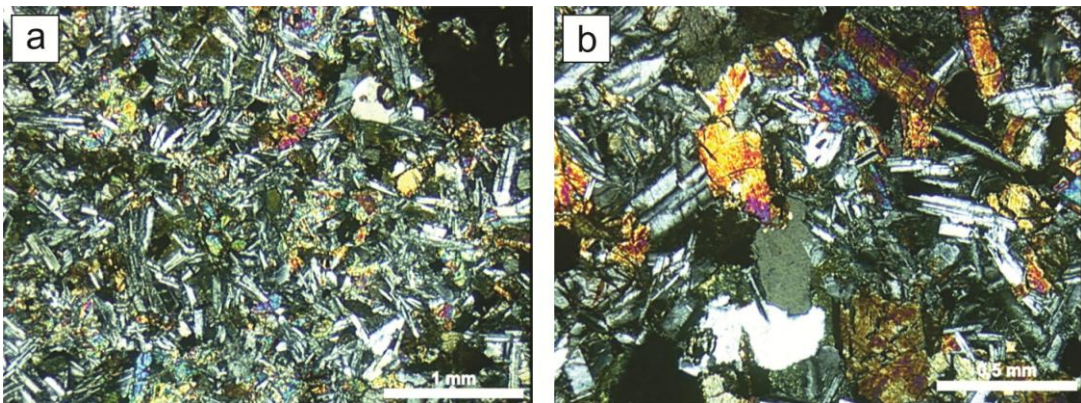


Figura 4 - a) textura fanerítica fina; b) detalhe da paragênese composta por plagioclásio, augita e quartzo.

Identificação

Identificação da descrição: LR-012
 Identificação da lâmina: 12-A
 Tipo da rocha: Ígnea
 Nome do poço/afloramento: LR-012
 Unidade/Idade: Formação Serra Geral
 Bloco/Província: Bacia do Paraná
 País: Brasil
 Estado: RS
 Lugar: UTM E 469516/ UTM N 6741931/ Elev: 43m
 Instituição: UFRGS
 Petrógrafo: Lucas Rossetti
 Data da primeira edição: 17/10/2011
 Data da última edição: 08/11/2011
 Usos: Ensino/treinamento

Características Microscópicas Texturais

Estrutura(s): Maciça
Cristalinidade: Holocristalina
Granularidade: Fanerítica
Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
Intervalo de tamanho de cristal: Fino (0.2 mm) ao Médio (1.5 mm)
Tamanho de cristal modal: Fino (0.4 mm), Fino (0.8 mm)

Forma dos cristais / fragmentos

Perfeição do formato cristalino: Subédrica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática

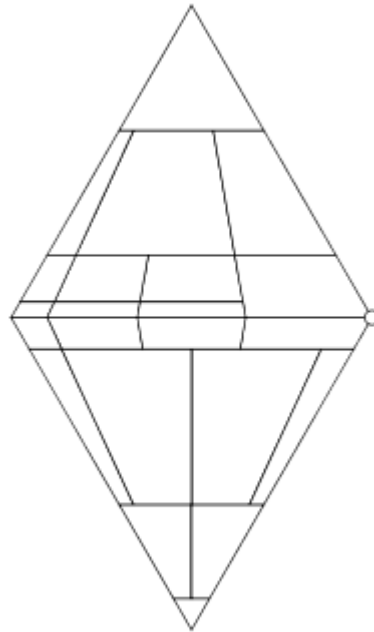
Textura(s): Porfírica, Ofítica, Peneira, Glomeroporfírica, Subofítica

Composição

48.33% Plagioclásio cálcico, Prismático, Como constituinte primário, Maclado, Primária;
 34.0% Augita, Prismático, Como constituinte primário, Fraturado, Primária;
 8.67% Esmeclita, Lamelar, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Clinopiroxênio indiferenciado, Piroxênios-Piroxenóides, Como constituinte primário;
 5.0% Hematita, Cutícula, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Clinopiroxênio indiferenciado, Piroxênios-Piroxenóides, Como constituinte primário;
 0.67% Ilmenita, Prismático, Como constituinte primário, Primária;
 3.33% Magnetita, Prismático, Como constituinte primário, Primária;

Classificação**Streckeisen - Vulcânicas Original: Basalto**

Q: 0.0
A: 0.0
P: 100.0
F: 0.0

**Total**

Silicatos	90.999
Não-Silicatos	9.0
Porosidade	0.0
Minerais félsicos	48.333
Minerais máficos	43.0

Identificação

Identificação da descrição: LR-015
 Identificação da lâmina: 15-A
 Tipo da rocha: Ígnea
 Nome do poço/afloramento: LR-015
 Unidade/Idade: Formação Serra Geral
 Bloco/Província: Bacia do Paraná
 País: Brasil
 Estado: RS
 Lugar: UTM-E 464324/ UTM-N 6752965/ Elev: 230m
 Instituição: UFRGS
 Petrógrafo: Lucas Rossetti
 Data da primeira edição: 05/09/2011
 Data da última edição: 14/09/2011
 Usos: Ensino/treinamento

Sumário

Base/centro de derrame pahoehoe. Basalto afanítico microcristalino, microvesiculado, composição predominante de plagioclásio e piroxênio. Fenocristais de plagioclásio reabsorvidos (textura em peneira).

Características Microscópicas Texturais

Estrutura(s): Amigdaloidal (0-2 mm), Vesicular (0-2 mm)
Cristalinidade: Holocristalina
Granularidade: Afanítica
Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
Intervalo de tamanho de cristal: Fino (0.2 mm) ao Médio (2.5 mm)
Tamanho de cristal modal: Fino (0.4 mm), Médio (1.5 mm)

Forma dos cristais / fragmentos

Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática, Tabular

Textura(s): Amigdaloidal, Glomeroporfírica, Porfírica, Subofítica, Ofítica, Peneira

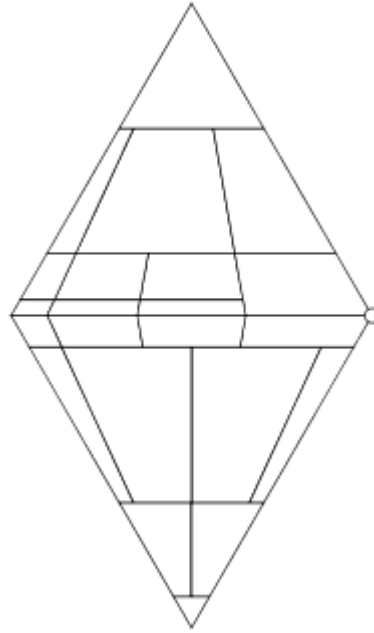
Composição

35.33% Plagioclásio cálcico, Prismático, Como constituinte primário, Maclado, Primária;
 33.0% Augita, Prismático, Como constituinte primário, Maclado, Primária;
 10.0% Esmectita, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Augita, Piroxênios-Piroxenóides, Como constituinte primário;
 2.33% Celadonita, Fibroso, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Augita, Piroxênios-Piroxenóides, Como constituinte primário;
 1.67% Ilita, Lamelar, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Plagioclásio cálcico, Feldspatos, Como constituinte primário;
 6.67% Clorita, Fibroso, Preenchendo vesícula, Intercrescido com <Constituinte>, Esmectita, Argilominerais, Preenchendo vesícula;
 3.67% Magnetita, Prismático, Como constituinte primário, Primária;
 3.33% Hematita, Cutícula, Substituindo constituinte, Cobrindo <Constituinte>, Plagioclásio cálcico, Feldspatos, Como constituinte primário;
 2.33% Hematita, Anédrico, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Augita, Piroxênios-Piroxenóides, Como constituinte primário;
 1.67% Ilmenita, Prismático, Como constituinte primário, Primária;

Classificação

Streckeisen - Vulcânicas Original: Basalto

Q: 0.0
 A: 0.0
 P: 100.0
 F: 0.0



Total

Silicatos	88.999
Não-Silicatos	11.0
Porosidade	0.0
Minerais félsicos	35.333
Minerais máficos	44.0

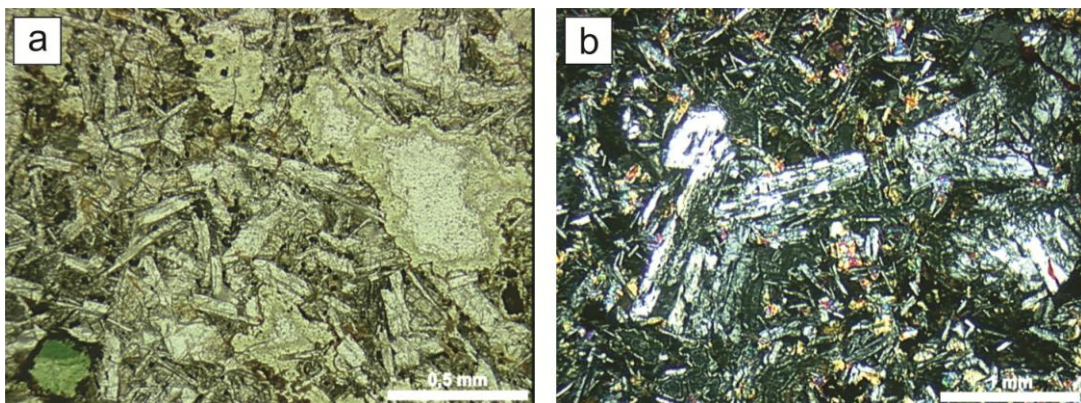


Figura 5 - a) textura dikittaxítica, caracterizada por microvesícula/amygdalas; b) fenocristais de plagioclásio com textura em peniera.

Identificação

Identificação da descrição: LR-018- A
 Identificação da lâmina: 18-A
 Tipo da rocha: Ígnea
 Nome do poço/afloramento: LR-018
 Unidade/Idade: Formação Serra Geral
 Bloco/Província: Bacia do Paraná
 País: Brasil
 Estado: RS
 Lugar: UTM-E 465352/ UTM-N 6754868/ Elev: 349m
 Instituição: UFRGS
 Petrógrafo: Lucas Rossetti
 Data da primeira edição: 05/09/2011
 Data da última edição: 19/10/2011
 Usos: Ensino/treinamento

Sumário

Amostra de brecha transicional(núcleo-topo) de fluxo aa. Basalto com textura glomeroporfírica, microvesicular, composto por plagioclásio, piroxênio cálcico e vidro máfico devitrificado.

Características Microscópicas Texturais

Estrutura(s): Brechado, Fluxo
Cristalinidade: Hipocristalina
Granularidade: Microcristalina
Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
Intervalo de tamanho de cristal: Muito fino (0.0 mm) ao Médio (1.5 mm)
Tamanho de cristal modal: Fino (0.15 mm)

Forma dos cristais / fragmentos

Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Tabular

Textura(s): Glomeroporfírica, Porfírica, Intersticial, Amigdaloidal

Composição

29.67% Plagioclásio cálcico, Prismático, Como constituinte primário, Maclado, Primária;
 18.33% Plagioclásio cálcico, Prismático, Em fragmento de rocha vulcânica, Em <Constituinte>, Fragmento de rocha vulcânica hemicristalina, Fragmentos e Piroclastos, Como constituinte primário, plagioclásio em fragmento de autobrecha;
 13.0% Óxido indiferenciado, Anédrico, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Vidro máfico, Vidro, Como constituinte primário, Constituinte indiferenciado = vidro ou matriz afanítica;
 8.33% Óxido indiferenciado, Anédrico, Em fragmento de rocha vulcânica, Substituindo <Constituinte>, Vidro máfico, Vidro, Como constituinte primário, em fragmento de autobrecha;
 5.0% Hematita, Anédrico, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Vidro máfico, Vidro, Como constituinte primário;
 7.33% Augita, Prismático, Como constituinte primário, Primária;
 3.0% Clinopiroxênio indiferenciado, Prismático, Em fragmento de rocha vulcânica, Em <Constituinte>, Fragmento de rocha vulcânica hemicristalina, Fragmentos e Piroclastos, Como constituinte primário, piroxênio em fragmento de autobrecha;
 5.67% Quartzo, Esquelético, Preenchendo vesícula, Em <Constituinte>, Vesícula, Poros e cavidades, ;
 5.33% Esmectita, Lamelar, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Constituinte indiferenciado, Outros constituintes, Como constituinte primário;

0.67% Esmectita, Lamelar, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Plagioclásio cálcico, Feldspatos, Como constituinte primário;
 3.0% Zeolita indiferenciada, Fibroso, Preenchendo cavidade, Em <Constituinte>, Vesícula, Poros e cavidades;
 0.67% Magnetita, Prismático, Como constituinte primário, Primária;

Classificação

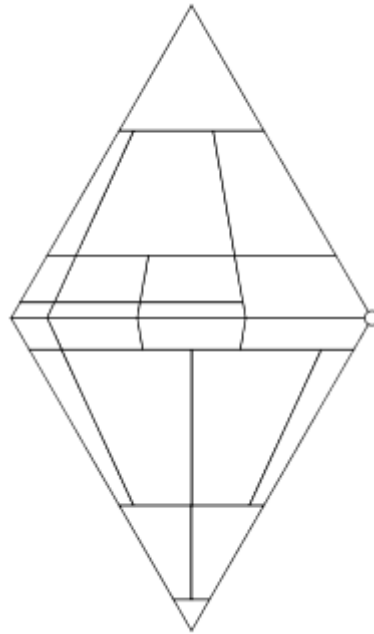
Streckeisen - Vulcânicas Original: Basalto

Q: 0.0

A: 0.0

P: 100.0

F: 0.0



Total

Silicatos 73.0

Não-Silicatos 27.0

Porosidade 0.0

Minerais félsicos 56.666

Minerais máficos 37.333

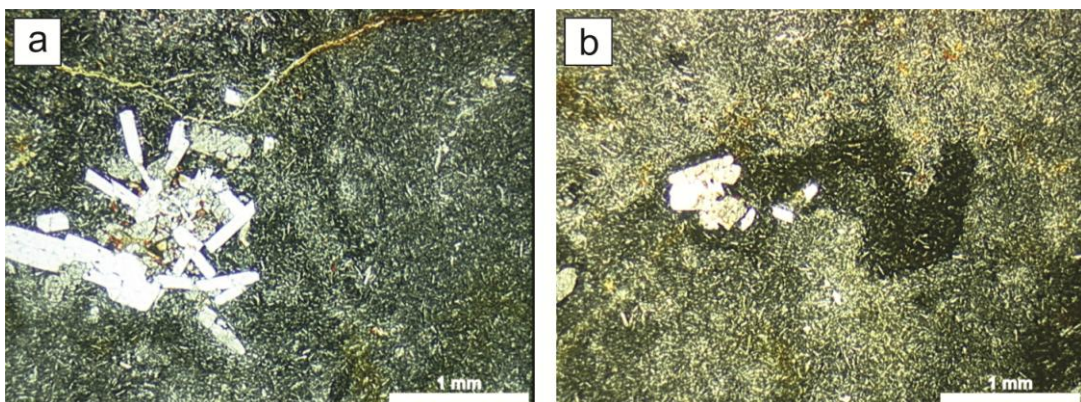


Figura 6 - a) textura glomeroporfírica de plagioclásio em matriz fanerítica muito fina (<0,1mm); b) fragmento fluídalo em fluxo auto-brechado.

Identificação

Identificação da descrição: LR-018- B
 Identificação da lâmina: 18-B
 Tipo da rocha: Ígnea
 Nome do poço/afloramento: LR-018
 Unidade/Idade: Formação Serra Geral
 Bloco/Província: Bacia do Paraná
 País: Brasil
 Estado: RS
 Lugar: UTM-E 465352/ UTM-N 6754868/ Elev: 349m
 Instituição: UFRGS
 Petrógrafo: Lucas Rossetti
 Data da primeira edição: 05/09/2011
 Data da última edição: 21/09/2011
 Usos: Ensino/treinamento

Sumário

núcleo de fluxo aa, porção de fluxo laminar com autobrechação localizada. Fratura preenchida por quartzo.

Características Microscópicas Texturais

Estrutura(s): Fluxo, Brechado
Cristalinidade: Hipocristalina
Granularidade: Microcristalina
Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
Intervalo de tamanho de cristal: Muito fino (0.00999999 mm) ao Fino (0.2 mm)
Tamanho de cristal modal: Muito fino (0.05998 mm)

Forma dos cristais / fragmentos

Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática

Textura(s): Porfirítica, Glomeroporfirítica, Intersertal, Traquítica

Composição

34.33% Plagioclásio cálcico, Prismático, Como constituinte primário, Maclado, Primária;
 5.0% Plagioclásio cálcico, Prismático, Em fragmento de rocha vulcânica, Em <Constituinte>, Fragmento de rocha vulcânica hemicristalina, Fragmentos e Piroclastos, Como autoclasto;
 28.67% Clinopiroxênio indiferenciado, Prismático, Como constituinte primário, Primária;
 1.67% Clinopiroxênio indiferenciado, Prismático, Em fragmento de rocha vulcânica, Em <Constituinte>, Fragmento de rocha vulcânica hemicristalina, Fragmentos e Piroclastos, Como autoclasto;
 8.0% Óxido indiferenciado, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Vidro máfico, Vidro, Como constituinte primário;
 5.0% Hematita, Cutícula, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Clinopiroxênio indiferenciado, Piroxênios-Piroxenóides, Como constituinte primário;
 1.33% Óxido indiferenciado, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Vidro máfico, Vidro, Em fragmento de rocha vulcânica;
 5.67% Magnetita, Prismático, Como constituinte primário, Primária;
 5.33% Zeolita indiferenciada, Fibro-radiado, Preenchendo fratura de rocha, Em <Constituinte>, Fratura, Poros e cavidades;
 5.0% Quartzo, Drusiforme, Preenchendo fratura de rocha, Em <Constituinte>, Fratura;

Classificação

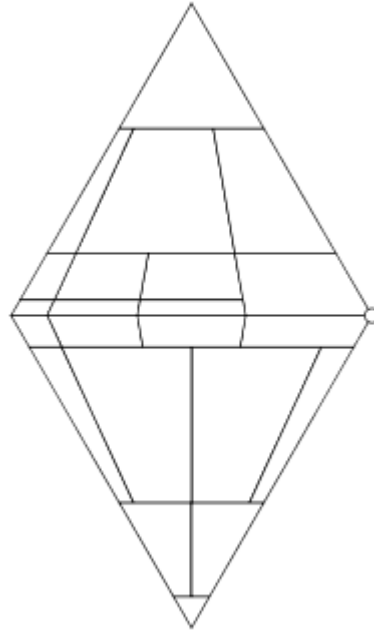
Streckeisen - Vulcânicas Original: Basalto

Q: 0.0

A: 0.0

P: 100.0

F: 0.0



Classificação Vulcanoclástica

Classificação Vulcanoclástica Original: Autobrecha

Total

Silicatos 80.0

Não-Silicatos 20.0

Porosidade 0.0

Minerais félsicos 49.666

Minerais máficos 50.333

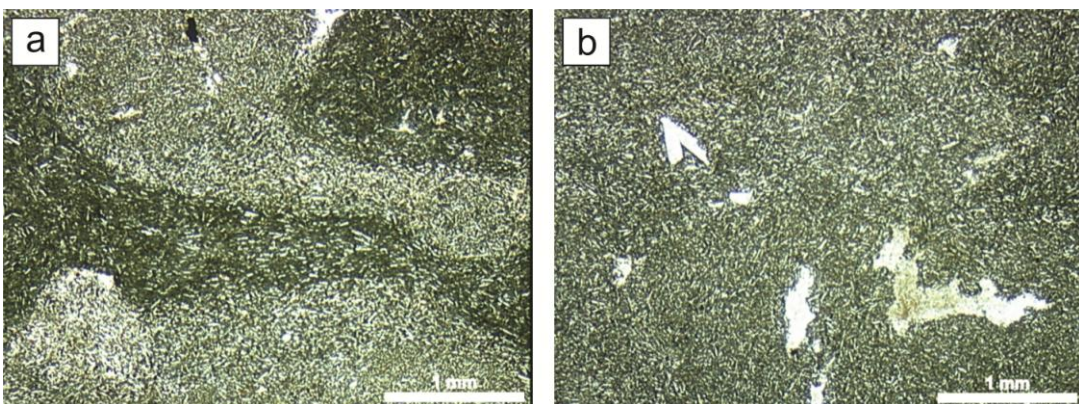


Figura 7 - a) fluxo autobrechado; b) basalto com textura fanerítica muito fina, grande densidade populacional de micrólitos de plagioclásio.

Identificação

Identificação da descrição: LR-018- C
 Identificação da lâmina: 18-C
 Tipo da rocha: Ígnea
 Nome do poço/afloramento: LR-018
 Unidade/Idade: Formação Serra Geral
 Bloco/Província: Bacia do Paraná
 País: Brasil
 Estado: RS
 Lugar: UTM-E 465352/ UTM-N 6754868/ Elev: 349m
 Instituição: UFRGS
 Petrógrafo: Lucas Rossetti
 Data da primeira edição: 05/09/2011
 Data da última edição: 27/09/2011
 Usos: Ensino/treinamento

Sumário

Topo escoréáceo de derrame aa. Autobrechas de fluxo, e brechas hidráulicas posteriores. Fragmentos vesiculares, com vesículas achatadas preenchidas por quartzo e zeolitas.

Características Microscópicas Texturais

Estrutura(s): Brechado, Amigdaloidal (0-3 mm), Brecha em mosaico
Cristalinidade: Hipocristalina
Granularidade: Microcristalina
Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
Intervalo de tamanho de cristal: Muito fino (0.00999999 mm) ao Fino (0.3 mm)
Tamanho de cristal modal: Fino (0.2 mm)

Forma dos cristais / fragmentos

Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica

Textura(s): Intersertal, Porfirítica, Vesicular, Amigdaloidal

Composição

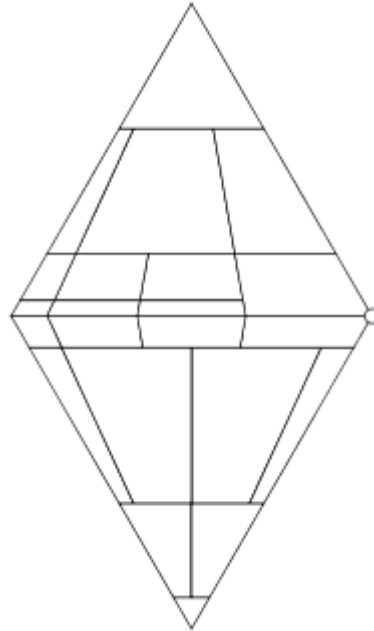
22.0% Vidro máfico, Como constituinte primário, Alterado, Em <Constituinte>, Fragmento de rocha vulcânica hemicristalina, Fragmentos e Piroclastos, Como autoclasto;
 3.0% Vidro máfico, Como constituinte primário, Fraturado, Primária;
 15.33% Quartzo, Drusiforme, Preenchendo vesícula, Em <Constituinte>, Fragmento de rocha vulcânica hemicristalina, Fragmentos e Piroclastos, Como autoclasto;
 11.67% Quartzo, Drusiforme, Preenchendo fratura de rocha, Fratura de <Constituinte>, Fratura, Poros e cavidades;
 12.33% Zeolita indiferenciada, Fibroso, Preenchendo fratura de rocha, Em <Constituinte>, Fratura, Poros e cavidades;
 10.67% Plagioclásio cálcico, Prismático, Como constituinte primário, Maclado, Em <Constituinte>, Fragmento de rocha vulcânica hemicristalina, Fragmentos e Piroclastos, Como autoclasto;
 8.0% Plagioclásio cálcico, Prismático, Como constituinte primário, Maclado, Primária;
 7.0% Hematita, Cutícula, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Vidro máfico, Vidro, Em fragmento de rocha vulcânica;
 4.0% Hematita, Cutícula, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Vidro máfico, Vidro, Como constituinte primário;
 2.0% Óxido indiferenciado, Prismático, Como constituinte primário, Em <Constituinte>, Fragmento de rocha vulcânica hemicristalina, Fragmentos e Piroclastos;
 3.0% Esmectita, Lamelar, Preenchendo vesícula, Em <Constituinte>, Vesícula, Poros e

cavidades;
1.0% Vesícula;

Classificação

Streckeisen - Vulcânicas Original: Basalto

Q: 0.0
A: 0.0
P: 100.0
F: 0.0



Classificação Vulcanoclástica

Classificação Vulcanoclástica Original: Autobrecha

Total

Silicatos	61.0
Não-Silicatos	38.0
Porosidade	1.0
Minerais félsicos	58.0
Minerais máficos	13.0

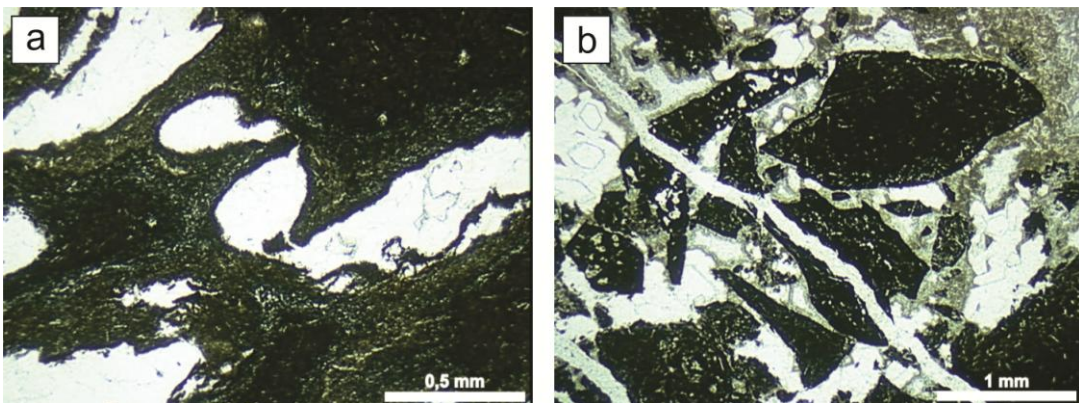


Figura 8 - a) vesículas estiradas, típicas de derrames 'a' a b) brecha rica em fragmentos de basalto hipocrystalino cimentados por zeólita e quartzo.

Identificação

Identificação da descrição: LR-023
 Identificação da lâmina: 23-A
 Tipo da rocha: Ígnea
 Nome do poço/afloramento: LR-023
 Unidade/Idade: Formação Serra Geral
 Bloco/Província: Bacia do Paraná
 País: Brasil
 Estado: RS
 Lugar: UTM-E 466941/ UTM-N 6757812/ Elev: 465m
 Instituição: UFRGS
 Petrógrafo: Lucas Rossetti
 Data da primeira edição: 05/09/2011
 Data da última edição: 08/11/2011
 Usos: Ensino/treinamento

Sumário

Porção de núcleo de derrame aa. Afanítico microcristalino, com textura glomeroporfírica de plagioclásio. Composta por microlitos de plagioclásio e piroxênio. Textura hialopilítica.

Características Microscópicas Texturais

Estrutura(s): Maciça, Fluxo
Cristalinidade: Hipocristalina
Granularidade: Microcristalina
Tamanho relativo dos cristais: Equigranular
Intervalo de tamanho de cristal: Muito fino (0.07999999 mm) ao Médio (2.0 mm)
Tamanho de cristal modal: Muito fino (0.07998 mm), Médio (2.0 mm)

Forma dos cristais / fragmentos

Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática

Textura(s): Glomeroporfírica, Traquítica

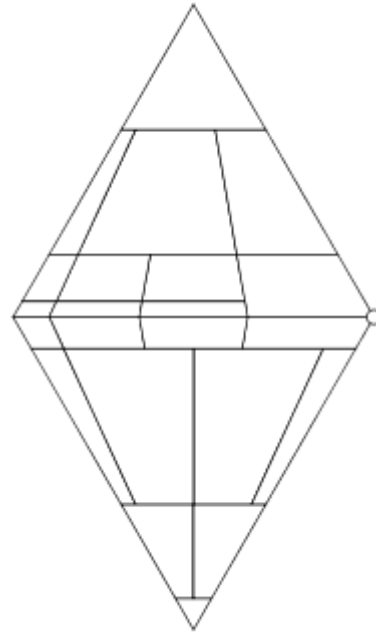
Composição

47.67% Plagioclásio cálcico, Prismático, Como constituinte primário, Primária;
 33.0% Augita, Prismático, Como constituinte primário, Primária;
 11.0% Hematita, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Clinopiroxênio indiferenciado, Piroxênios-Piroxenóides, Como constituinte primário;
 8.0% Magnetita, Prismático, Como constituinte primário, Primária;
 0.33% Quartzo, Anédrico, Preenchendo vesícula, Em <Constituinte>, Vesícula, Poros e cavidades;

Classificação

Streckeisen - Vulcânicas Original: Basalto

Q: 0.0
 A: 0.0
 P: 100.0
 F: 0.0

**Total**

Silicatos	81.0
Não-Silicatos	19.0
Porosidade	0.0
Minerais félsicos	47.999
Minerais máficos	52.0

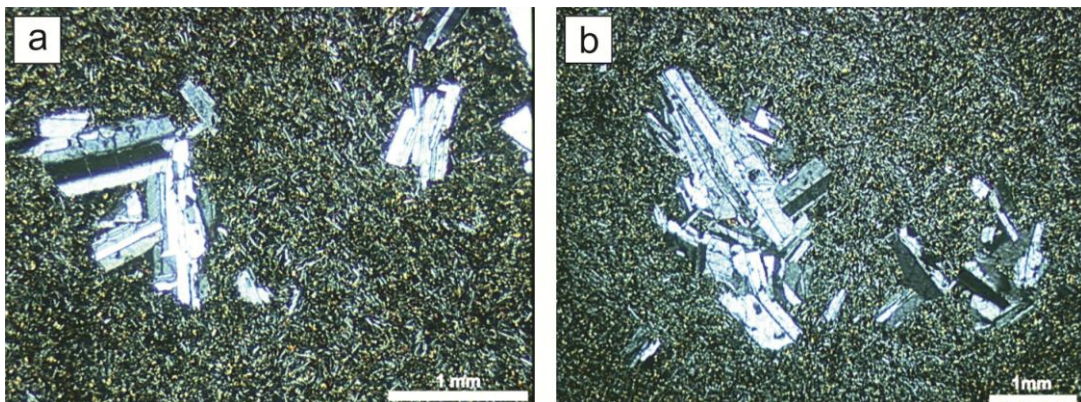


Figura 9 - a-b) glomerocristais de plagioclásio em matriz fanerítica muito fina

Identificação

Identificação da descrição: LR-024- B
 Identificação da lâmina: 24-B
 Tipo da rocha: Ígnea
 Nome do poço/afloramento: LR-024
 Unidade/Idade: Formação Serra Geral
 Bloco/Província: Bacia do Paraná
 País: Brasil
 Estado: RS
 Lugar: UTM-E 467203/ UTM-N 6756627/ Elev: 366m
 Instituição: UFRGS
 Petrógrafo: Lucas Rossetti
 Data da primeira edição: 05/09/2011
 Data da última edição: 08/11/2011
 Usos: Ensino/treinamento

Sumário

brecha hidráulica sobre de topo de derrame aa. Basalto afanítico, vesicular, com microlitos de plagioclásio envolvidos por matriz vítrea. Fraturas preenchidas por areia (quartzo, microclíneo, biotita).

Características Microscópicas Texturais

Estrutura(s): Amigdaloidal (0-5 mm), Brechado
Cristalinidade: Hipocristalina
Granularidade: Afanítica
Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
Intervalo de tamanho de cristal: Muito fino (0.07999999 mm) ao Fino (0.2 mm)
Tamanho de cristal modal: Fino, Muito fino (0.07998 mm)

Forma dos cristais / fragmentos

Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Placóide, Prismática

Textura(s): Porfirítica, Amigdaloidal, Granular, Vítrea, Vesicular

Composição

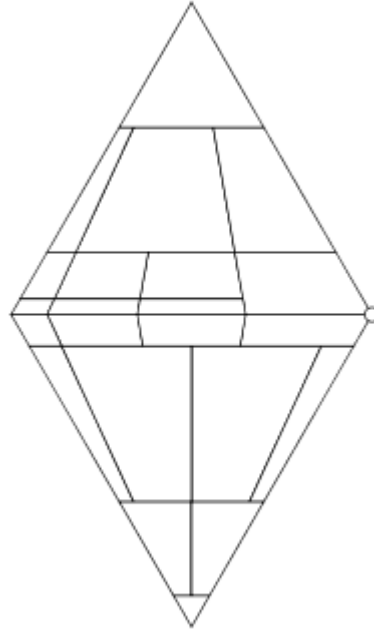
52.67% Vidro máfico, Como constituinte primário, Alterado, Em <Constituinte>, Fragmento de rocha vulcânica hemicristalina, Fragmentos e Piroclastos, Como autoclasto;
 14.33% Plagioclásio cálcico, Prismático, Como constituinte primário, Em <Constituinte>, Fragmento de rocha vulcânica hemicristalina, Fragmentos e Piroclastos, Como autoclasto;
 8.33% Zeolita indiferenciada, Anédrico, Preenchendo vesícula, Em <Constituinte>, Vesícula, Poros e cavidades;
 5.0% Zeolita indiferenciada, Fibro-radiado, Preenchendo fratura de rocha, Em <Constituinte>, Fratura, Poros e cavidades;
 6.67% Augita, Prismático, Como constituinte primário, Em <Constituinte>, Fragmento de rocha vulcânica hemicristalina, Fragmentos e Piroclastos, Como autoclasto;
 4.33% Quartzo, Drusiforme, Preenchendo vesícula, Em <Constituinte>, Vesícula, Poros e cavidades;
 1.67% Quartzo, Drusiforme, Preenchendo fratura de rocha, Em <Constituinte>, Fratura, Poros e cavidades;
 0.67% Quartzo, Microcristalina, Preenchendo fratura de rocha, Em <Constituinte>, Fratura, Poros e cavidades, em porção de fratura preenchida por areia.;
 3.33% Magnetita, Prismático, Como constituinte primário, Em <Constituinte>, Fragmento de rocha vulcânica hemicristalina, Fragmentos e Piroclastos, Como autoclasto;
 2.33% Esmeclita, Lamelar, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>,

Clinopiroxênio indiferenciado, Piroxênios-Piroxenóides, Como constituinte primário;
 0.33% Vesícula;
 0.33% Hematita, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Clinopiroxênio
 indiferenciado, Piroxênios-Piroxenóides, Como constituinte primário;

Classificação

Streckeisen - Vulcânicas Original: Basalto

Q: 0.0
 A: 0.0
 P: 100.0
 F: 0.0



Classificação Vulcanoclástica

Classificação Vulcanoclástica Original: Autobrecha

Total

Silicatos	43.333
Não-Silicatos	56.333
Porosidade	0.333
Minerais félsicos	34.333
Minerais máficos	10.333

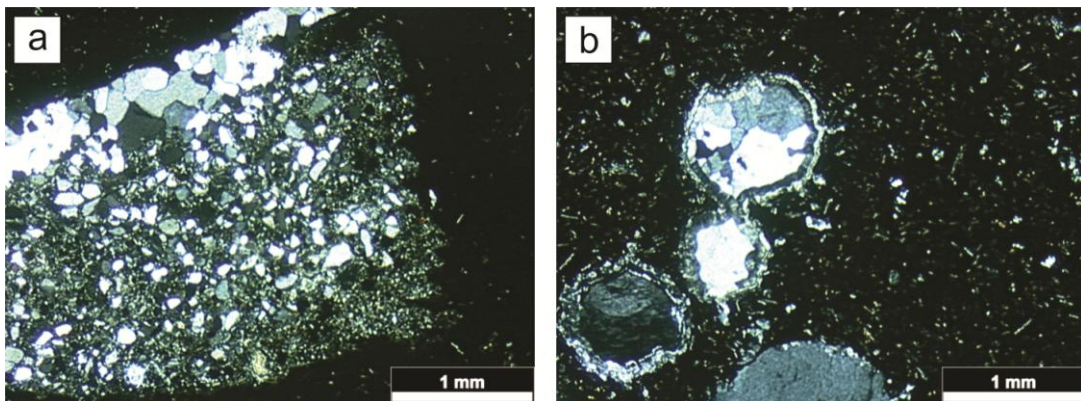


Figura 10 - a) fratura preenchida por areia; b) basalto hipocristalino com vesículas preenchidas por quartzo druziforme e zeólitas.

Identificação

Identificação da descrição: LR-024- C
 Identificação da lâmina: 24-C
 Tipo da rocha: Ígnea
 Nome do poço/afloramento: LR-024
 Unidade/Idade: Formação Serra Geral
 Bloco/Província: Bacia do Paraná
 País: Brasil
 Estado: RS
 Lugar: UTM-E 467203/ UTM-N 6756627/ Elev: 366m
 Instituição: UFRGS
 Petrógrafo: Lucas Rossetti
 Data da primeira edição: 05/09/2011
 Data da última edição: 08/11/2011
 Usos: Ensino/treinamento

Sumário

topo de aa, com duas fases de brechação, autobrechas básicas com fragmentos vesiculados, textura porfírica de plagioclásio emerso em matriz vítrea, envoltos por matriz de mesma composição, e brecha hidráulica com cimentação por quartzo e zeolitas. (fragmentos angulosos - jigsaw fit)

Características Microscópicas Texturais

Estrutura(s): Amigdaloidal (0-3 mm), Brechado, Brecha em mosaico
Cristalinidade: Hipocristalina
Granularidade: Criptocristalina
Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
Intervalo de tamanho de cristal: Muito fino (0.07999999 mm) ao Fino (1.0 mm)
Tamanho de cristal modal: Muito fino (0.07998 mm), Fino (0.5 mm)

Forma dos cristais / fragmentos

Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática

Textura(s): Amigdaloidal, Afírica, Porfírica, Intersertal, Vítrea

Composição

15.67% Plagioclásio cálcico, Prismático, Em fragmento de rocha vulcânica, Maclado, Em <Constituinte>, Fragmento de rocha vulcânica hemicristalina, Fragmentos e Piroclastos, Como autoclasto;

7.0% Plagioclásio cálcico, Prismático, Como constituinte primário, Maclado, Primária;

2.0% Plagioclásio cálcico, Prismático, Em fragmento de rocha vulcânica, Maclado, Em <Constituinte>, Fragmento de rocha vulcânica hemicristalina, Fragmentos e Piroclastos, Como fragmento de rocha vulcânica, Fragmentos dentro da porção de Brecha hidráulica;

11.33% Vidro máfico, Em fragmento de rocha vulcânica, Alterado, Em <Constituinte>, Fragmento de rocha vulcânica hemicristalina, Fragmentos e Piroclastos, Como fragmento de rocha vulcânica, Fragmentos dentro da porção de Brecha hidráulica;

11.0% Vidro máfico, Em fragmento de rocha vulcânica, Alterado, Em <Constituinte>, Fragmento de rocha vulcânica hemicristalina, Fragmentos e Piroclastos, Como autoclasto;

6.0% Vidro máfico, Como constituinte primário, Alterado, Primária;

9.67% Óxido indiferenciado, Prismático, Como constituinte primário, Em <Constituinte>, Fragmento de rocha vulcânica hemicristalina, Fragmentos e Piroclastos, Como autoclasto, prismas alongados (ripidiformes);

5.0% Óxido indiferenciado, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Vidro máfico, Vidro, Em fragmento de rocha vulcânica, Fragmentos dentro da porção de Brecha hidráulica;

3.67% Óxido indiferenciado, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Vidro máfico, Vidro, Como constituinte primário;
 3.33% Hematita, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Vidro máfico, Vidro, Como constituinte primário;
 1.33% Hematita, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Piroxênio indiferenciado, Piroxênios-Piroxenóides, Como constituinte primário;
 6.67% Zeolita indiferenciada, Fibroso, ;
 6.67% Zeolita indiferenciada, Preenchendo vesícula, Em <Constituinte>, Fragmento de rocha vulcânica hemicristalina, Fragmentos e Piroclastos, Como autoclasto;
 3.67% Quartzo, Preenchendo fratura de rocha, Em <Constituinte>, Fratura, Poros e cavidades, Cimentando brecha;
 3.0% Carbonato indiferenciado, Cimentando Brecha;
 1.33% Carbonato indiferenciado, Preenchendo vesícula, Em <Constituinte>, Fragmento de rocha vulcânica hemicristalina, Fragmentos e Piroclastos, Como autoclasto;
 2.67% Esmeclita, Lamelar, Preenchendo vesícula, Em <Constituinte>, Vesícula, Poros e cavidades, Em fragmento de rocha vulcânica, Fragmentos dentro da porção de Brecha hidráulica;

Classificação

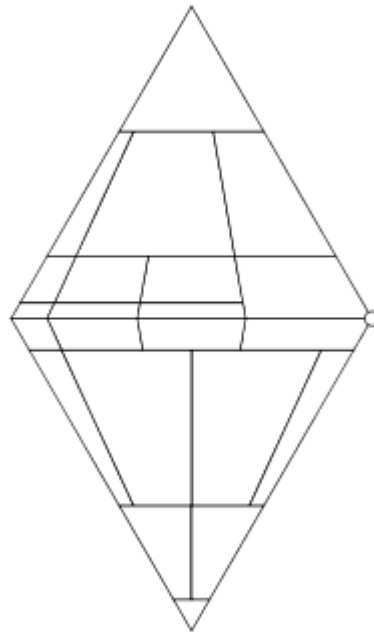
Streckeisen - Vulcânicas Original: Basalto

Q: 0.0

A: 0.0

P: 100.0

F: 0.0



Classificação Vulcanoclástica

Classificação Vulcanoclástica Original: Autobrecha

Total

Silicatos	44.333
Não-Silicatos	55.666
Porosidade	0.0
Minerais félsicos	41.666
Minerais máficos	23.0

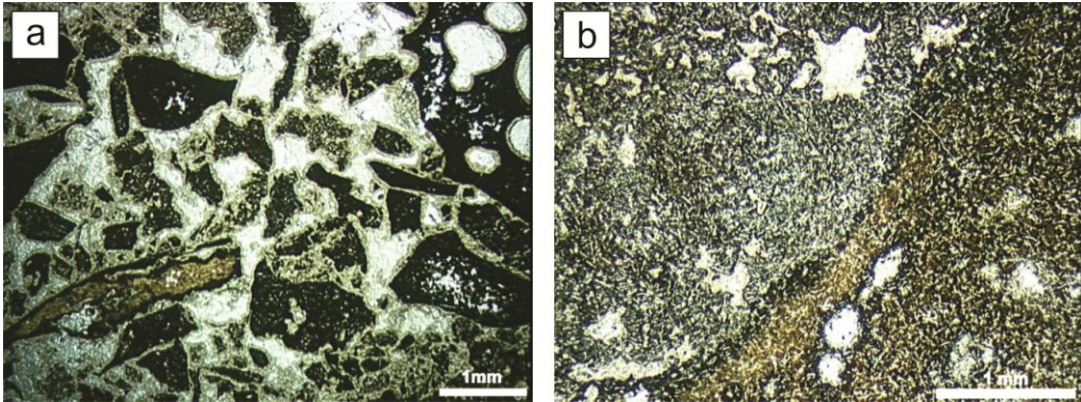


Figura 11 - a) brecha de topo de derrame 'a'a, fragmentos angulosos de basalto hipocristalino cimentados por zeólita e quartzo; b) zonas autobrechadas com diferentes graus de oxidação.

Identificação

Identificação da descrição: LR-027- B
 Identificação da lâmina: 27-B
 Tipo da rocha: Ígnea
 Nome do poço/afloramento: LR-027
 Unidade/Idade: Formação Serra Geral
 Bloco/Província: Bacia do Paraná
 País: Brasil
 Estado: RS
 Lugar: UTM-E 467971/ UTM-N 6759967/ Elev: 596m
 Instituição: UFRGS
 Petrógrafo: Lucas Rossetti
 Data da primeira edição: 05/09/2011
 Data da última edição: 08/11/2011
 Usos: Ensino/treinamento

Características Microscópicas Texturais

Estrutura(s): Amigdaloidal (0-1 mm), Maciça
Cristalinidade: Hipocristalina
Granularidade: Fanerítica
Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
Intervalo de tamanho de cristal: Muito fino (0.1 mm) ao Fino (1.0 mm)
Tamanho de cristal modal: Fino (0.4 mm)

Forma dos cristais / fragmentos

Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática

Textura(s): Porfírica, Amigdaloidal, Subofítica

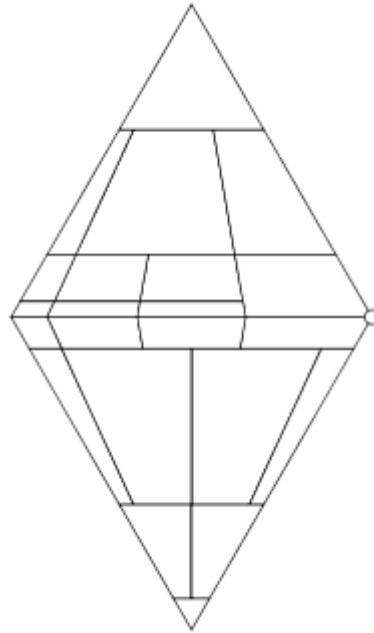
Composição

31.33% Plagioclásio cálcico, Prismático, Como constituinte primário, Primária;
 26.33% Augita, Prismático, Como constituinte primário, Primária;
 25.67% Hematita, Anédrico, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Clinopiroxênio indiferenciado, Piroxênios-Piroxenóides, Como constituinte primário;
 7.0% Esmectita, Microcristalina, Preenchendo vesícula, Em <Constituinte>, Vesícula, Poros e cavidades;
 3.33% Esmectita, Microcristalina, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Clinopiroxênio indiferenciado, Piroxênios-Piroxenóides, Como constituinte primário;
 5.33% Magnetita, Prismático, Como constituinte primário, Primária;
 1.0% Quartzo, Microcristalina, Preenchendo vesícula, Em <Constituinte>, Vesícula, Poros e cavidades;

Classificação

Streckeisen - Vulcânicas Original: Basalto

Q: 0.0
 A: 0.0
 P: 100.0
 F: 0.0



Total

Silicatos	69.0
Não-Silicatos	31.0
Porosidade	0.0
Minerais félsicos	32.333
Minerais máficos	57.333

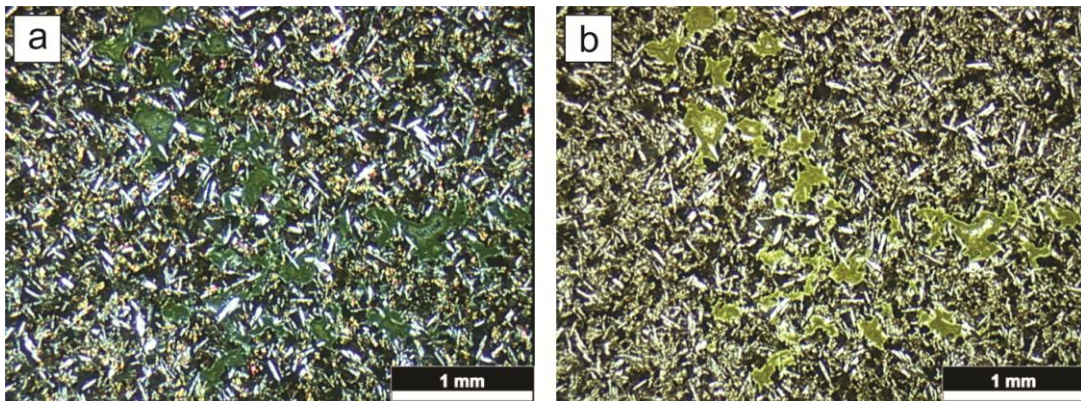


Figura 12 - basalto microvesivular, textura *dikitaxítica*. a) nicóis perpendiculares; b) nicóis paralelos.

Identificação

Identificação da descrição: LR-028
 Identificação da lâmina: 28-A
 Tipo da rocha: Ígnea
 Nome do poço/afloramento: LR-028
 Unidade/Idade: Formação Serra Geral
 Bloco/Província: Bacia do Paraná
 País: Brasil
 Estado: RS
 Lugar: UTM-E 467051/ UTM-N 6763368/ Elev: 715m
 Instituição: UFRGS
 Petrógrafo: Lucas Rossetti
 Data da primeira edição: 05/09/2011
 Data da última edição: 08/11/2011
 Usos: Ensino/treinamento

Sumário

Riolito porfirítico, composto por fenocristais de k-feldspato e quartzo além de clinopiroxênio em matriz vitrea devitrificada para material feldspático na forma de esferulitos. Ocorre substituição parcial dos piroxênios para anfíbolios fibrosos (uralitização). Esmeclita e nontronita substituem localmente o vidro.

Características Microscópicas Texturais

Estrutura(s): Maciça
Cristalinidade: Hemicristalina
Granularidade: Afanítica
Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
Intervalo de tamanho de cristal: Muito fino (0.05 mm) ao Fino (0.8 mm)
Tamanho de cristal modal: Muito fino (0.05 mm), Fino

Forma dos cristais / fragmentos

Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica

Textura(s): Porfirítica, Glomeroporfirítica, Esferulítica, Amigdaloidal

Composição

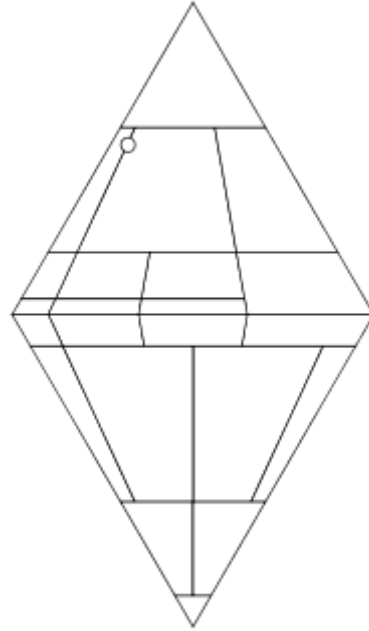
32.67% Feldspato indiferenciado, Esferulito, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Vidro félsico, Vidro, Como constituinte primário;
 14.0% Sanidina, Prismático, Como constituinte primário, Maclado, Primária;
 1.67% Plagioclásio cálcico, Prismático, Como constituinte primário, Maclado, Primária;
 16.67% Quartzo, Anédrico, Como constituinte primário, Fraturado, Primária;
 2.0% Quartzo, Esferulito, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Vidro félsico, Vidro, Como constituinte primário;
 15.33% Esmeclita, Lamelar, Substituindo constituinte não determinado, Substituindo <Constituinte>, Vidro félsico, Vidro, Como constituinte primário;
 2.0% Nontronita, Feixe, Substituindo constituinte não determinado, Substituindo <Constituinte>, Vidro félsico, Vidro, Como constituinte primário;
 5.67% Magnetita, Prismático, Como constituinte primário, Primária;
 5.67% Clinopiroxênio indiferenciado, Prismático, Como constituinte primário, Fraturado, Primária;
 2.67% Filossilicato indiferenciado, Lamelar, Preenchendo fratura em constituinte, Em <Constituinte>, Quartzo, Grupo da Sílica, Como constituinte primário;
 1.0% Hematita, Prismático, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Clinopiroxênio indiferenciado, Piroxênios-Piroxenóides, Como constituinte primário;
 0.67% Anfibólio indiferenciado, Fibroso, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>,

Clinopiroxênio indiferenciado, Piroxênios-Piroxenóides, Como constituinte primário;

Classificação

Streckeisen - Vulcânicas Original: Riolito

Q: 54.37063
A: 40.792538
P: 4.8368297
F: 0.0



Total

Silicatos	93.333
Não-Silicatos	6.666
Porosidade	0.0
Minerais félsicos	66.999
Minerais máficos	13.0

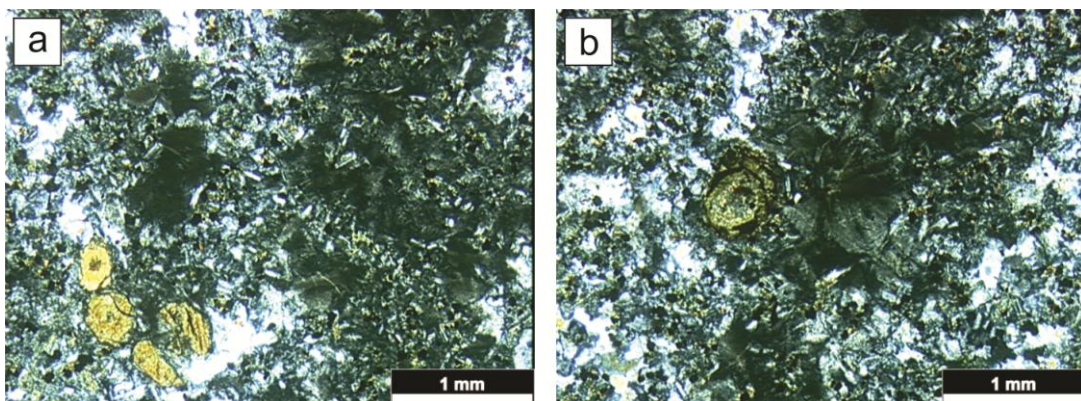


Figura 13 - a) petrograma tica em feições de desvitrificação, fenocristais de piroxênio e micrólitos de feldspato; b) detalhe para esférulitos.

Identificação

Identificação da descrição: LR-029
 Identificação da lâmina: 29-A
 Tipo da rocha: Ígnea
 Nome do poço/afloramento: LR-029
 Unidade/Idade: Formação Serra Geral
 Bloco/Província: Bacia do Paraná
 País: Brasil
 Estado: RS
 Lugar: UTM-E 467842/ UTM-N 6766734/ Elev: 733m
 Instituição: UFRGS
 Petrógrafo: Lucas Rossetti
 Data da primeira edição: 05/09/2011
 Data da última edição: 08/11/2011
 Usos: Ensino/treinamento

Características Microscópicas Texturais

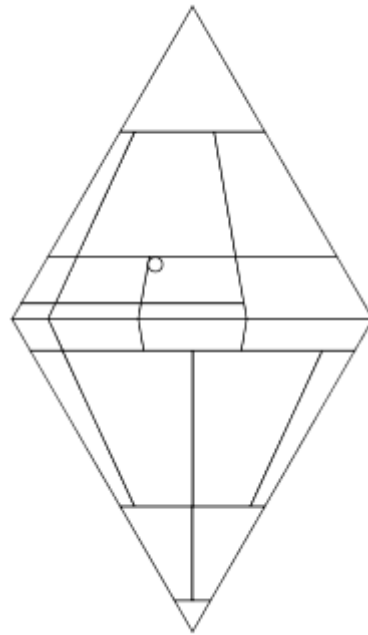
Textura(s): Micrográfica

Composição

26.67% Feldspato indiferenciado, Esferulito, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Vidro félsico, Vidro, Como constituinte primário;
 21.67% Sanidina, Prismático, Como constituinte primário, Maclado, Primária;
 15.0% Feldspato indiferenciado, Substituindo constituinte, Intercrescido com <Constituinte>, Quartzo, Grupo da Sílica, Substituindo constituinte;
 13.0% Plagioclásio cálcico, Prismático, Como constituinte primário, Maclado, Primária, Como constituinte primário;
 7.33% Quartzo, Anédrico, Como constituinte primário, Fraturado, Primária;
 6.67% Clinopiroxênio indiferenciado, Prismático, Como constituinte primário, Primária;
 4.0% Magnetita, Prismático, Como constituinte primário, Primária;
 4.0% Hematita, Prismático, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Clinopiroxênio indiferenciado, Piroxênios-Piroxenóides, Como constituinte primário;
 1.67% Esmectita, Lamelar, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Vidro félsico, Vidro, Como constituinte primário;

Classificação

Streckeisen - Vulcânicas Original: Quartzo
 latito
 Q: 17.456535
 A: 51.58371
 P: 30.959753
 F: 0.0

**Total**

Silicatos	92.0
Não-Silicatos	8.0
Porosidade	0.0
Minerais félsicos	83.666
Minerais máficos	14.666

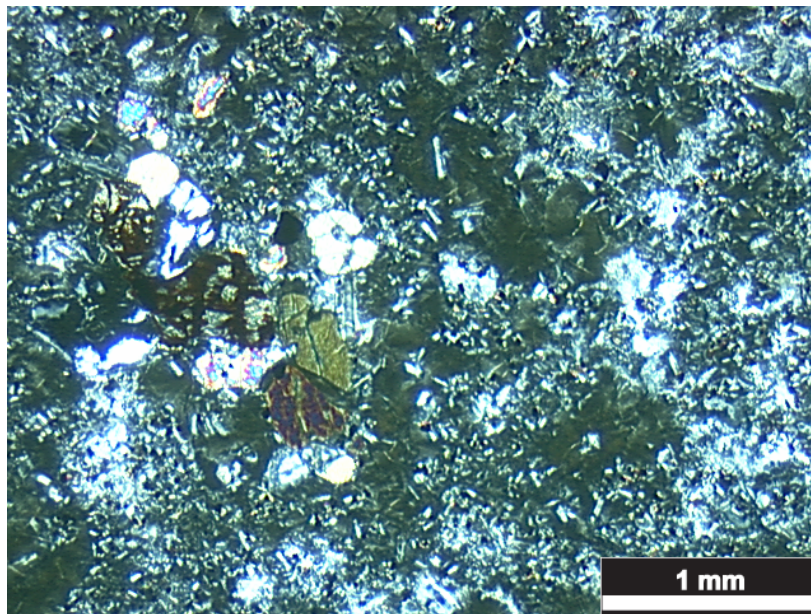


Figura - 14 fenocristais de piroxênio e plagioclásio em matriz fanerítica fina à esferulítica (devitrificação).

Identificação

Identificação da descrição: LR-032
 Identificação da lâmina: 32-A
 Tipo da rocha: Ígnea
 Nome do poço/afloramento: LR-032
 Unidade/Idade: Formação Serra Geral
 Bloco/Província: Bacia do Paraná
 País: Brasil
 Estado: RS
 Lugar: UTM-E 480974/ UTM-N 6788912/ Elev: 751m
 Instituição: UFRGS
 Petrógrafo: Lucas Rossetti
 Data da primeira edição: 05/09/2011
 Data da última edição: 08/11/2011
 Usos: Ensino/treinamento

Sumário

Riolito porfíritico. Texturas porfírica e glomeroporfírica formadas por fenocristais de ortoclásio, plagioclásio e piroxênio. A matriz da rocha é composta por material vítreo alterado.

Características Microscópicas Texturais

Estrutura(s): Maciça
Cristalinidade: Hipocristalina
Granularidade: Microcristalina
Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
Intervalo de tamanho de cristal: Muito fino (0.0 mm) ao Fino (1.0 mm)
Tamanho de cristal modal: Fino (0.5 mm)

Forma dos cristais / fragmentos

Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática

Textura(s): Porfírica, Glomeroporfírica, Vítreo, Esferulítica, Perlítica

Composição

25.0% Sanidina, Prismático, Como constituinte primário, Maclado, Primária;
 14.0% Feldspato indiferenciado, Esferulito, Substituindo <Constituinte>, Vidro félsico, Vidro,
 Como constituinte primário;
 7.0% Plagioclásio cálcico, Prismático, Como constituinte primário, Maclado, Primária;
 21.0% Vidro félsico, Como constituinte primário, Fraturado, Primária;
 15.67% Augita, Prismático, Como constituinte primário, Primária;
 10.0% Quartzo, Como constituinte primário, Fraturado, Primária;
 3.67% Esmeclita, Lamelar, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>,
 Clinopiroxênio indiferenciado, Piroxênios-Piroxenóides, Como constituinte primário;
 2.67% Magnetita, Prismático, Como constituinte primário, Primária;
 0.67% Hematita, Prismático, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>,
 Clinopiroxênio indiferenciado, Piroxênios-Piroxenóides, Como constituinte primário;
 0.33% Anfibólio indiferenciado, Fibroso, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>,
 Clinopiroxênio indiferenciado, Piroxênios-Piroxenóides, Como constituinte primário;

Classificação

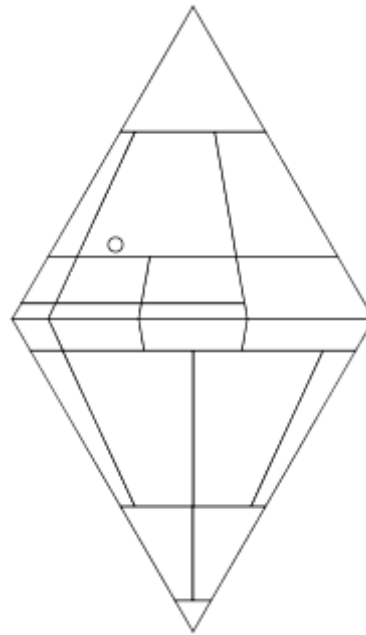
Streckeisen - Vulcânicas Original: Riolito

Q: 23.809526

A: 59.523815

P: 16.666668

F: 0.0



Total

Silicatos	75.666
Não-Silicatos	24.333
Porosidade	0.0
Minerais félsicos	56.0
Minerais máficos	19.333

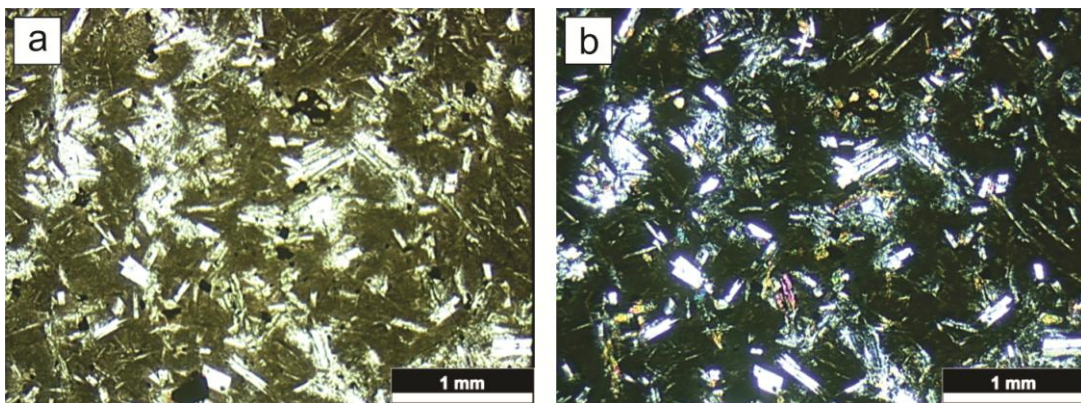


Figura 15 - a) micrólitos de feldspato em matriz vítrea.a) nicóis paralelos;b)nicóis perpendiculares.

Identificação

Identificação da descrição: LR-035- A
 Identificação da lâmina: 35-A
 Tipo da rocha: Ígnea
 Nome do poço/afloramento: LR-035
 Unidade/Idade: Formação Serra Geral
 Bloco/Província: Bacia do Paraná
 País: Brasil
 Estado: RS
 Lugar: UTM-E 470221/ UTM-N 6787802/ Elev: 530m
 Instituição: UFRGS
 Petrógrafo: Lucas Rossetti
 Data da primeira edição: 05/09/2011
 Data da última edição: 08/11/2011
 Usos: Ensino/treinamento

Sumário

Latito, fenocristais e micrólitos de plagioclásio, augita e sanidina, em matriz vítrea.

Características Microscópicas Texturais

Estrutura(s): Amigdaloidal (0-1 mm), Maciça
Cristalinidade: Hipocristalina
Granularidade: Microcristalina
Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
Intervalo de tamanho de cristal: Muito fino ao Muito fino
Tamanho de cristal modal: Muito fino (0.05 mm)

Textura(s): Porfírica, Amigdaloidal, Vítrea

Composição

41.0% Vidro félsico, Como constituinte primário, Fraturado, Primária;
 18.0% Sanidina, Prismático, Como constituinte primário, Primária;
 14.0% Plagioclásio cálcico, Prismático, Como constituinte primário, Primária;
 11.0% Ilmenita, Acicular, Como constituinte primário;
 2.67% Hematita, Prismático, Substituindo <Constituinte>, Clinopiroxênio indiferenciado,
 Piroxênios-Piroxenóides, Como constituinte primário;
 2.67% Hematita, Cutícula, Substituindo <Constituinte>, Vidro félsico, Vidro, Como constituinte
 primário;
 5.67% Clinopiroxênio indiferenciado, Prismático, Como constituinte primário, Alterado, Primária;
 3.33% Magnetita, Prismático, Como constituinte primário, Primária;
 1.33% Quartzo, Preenchendo vesícula, Em <Constituinte>, Vesícula, Poros e cavidades;
 0.33% Vesícula;

Classificação

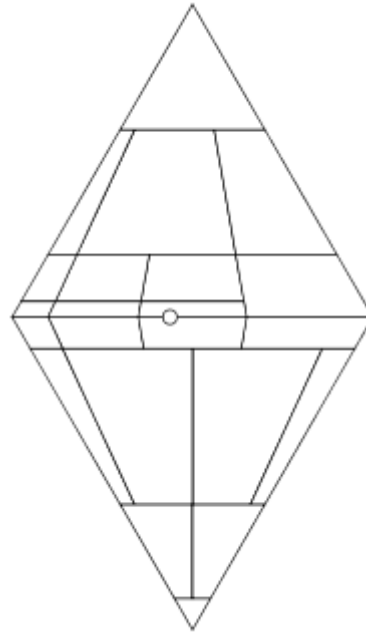
Streckeisen - Vulcânicas Original: Latito

Q: 0.0

A: 56.25

P: 43.75

F: 0.0



Total

Silicatos	39.0
Não-Silicatos	60.666
Porosidade	0.333
Minerais félsicos	33.333
Minerais máficos	25.333

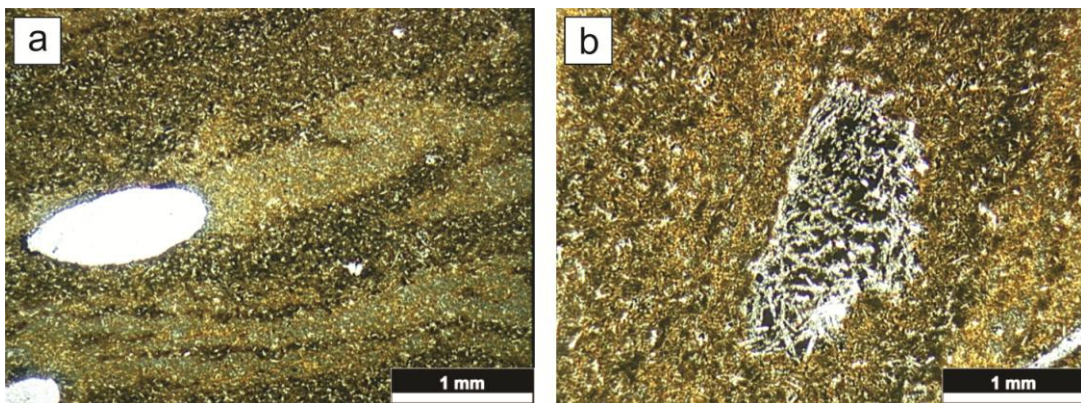


Figura 16 - a) bandamento de fluxo marcado por níveis com diferente cristalinidade; b) xenólito de basalto hipocristalino.

Identificação

Identificação da descrição: LR-035- B
 Identificação da lâmina: 35-B
 Tipo da rocha: Ígnea
 Nome do poço/afloramento: LR-035
 Unidade/Idade: Formação Serra Geral
 Bloco/Província: Bacia do Paraná
 País: Brasil
 Estado: RS
 Lugar: UTM-E 470221/ UTM-N 6787802/ Elev: 530m
 Instituição: UFRGS
 Petrógrafo: Lucas Rossetti
 Data da primeira edição: 05/09/2011
 Data da última edição: 08/11/2011
 Usos: Ensino/treinamento

Sumário

Topo escoriaço de derrame básico do tipo aa. A amostra tem autobrechas, e brechação hidráulica tardia. Basalto afanítico microcristalino com textura vitrofirica dominante caracterizada por microlitos de plagioclásio emersos em matriz vítrea. Os fragmentos são amigdalóides sendo preenchidas predominantemente por carbonato.

Características Microscópicas Texturais

Estrutura(s): Brechado, Amigdaloidal (0-5 mm), Venulada
Cristalinidade: Hemicristalina
Granularidade: Microcristalina
Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
Intervalo de tamanho de cristal: Muito fino (0.07999999 mm) ao Fino (0.5 mm)
Tamanho de cristal modal: Muito fino (0.07998 mm), Fino (0.3 mm)

Forma dos cristais / fragmentos

Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática

Textura(s): Porfirítica, Vítrea, Amigdaloidal, Intersertal

Composição

29.33% Vidro máfico, Como constituinte primário, Em <Constituinte>, Fragmento de rocha vulcânica hemicristalina, Fragmentos e Piroclastos, Como autoclasto, brechas hidráulicas;
 15.67% Vidro máfico, Como constituinte primário, Em <Constituinte>, Fragmento de rocha vulcânica hemicristalina, Fragmentos e Piroclastos, Como autoclasto;
 29.0% Zeolita indiferenciada, Prismático, Preenchendo vesícula, Em <Constituinte>, Fragmento de rocha vulcânica hemicristalina, Fragmentos e Piroclastos, Como autoclasto;
 12.33% Plagioclásio cálcico, Prismático, Como constituinte primário, Maclado, Em <Constituinte>, Fragmento de rocha vulcânica hemicristalina, Fragmentos e Piroclastos, Como autoclasto;
 5.33% Plagioclásio cálcico, Prismático, Como constituinte primário, Maclado, Em <Constituinte>, Fragmento de rocha vulcânica hemicristalina, Fragmentos e Piroclastos, Como fragmento de rocha vulcânica, Brechas hidráulicas;
 4.33% Carbonato indiferenciado, Microcristalina, Preenchendo fratura de rocha, Fratura de <Constituinte>, Fragmento de rocha vulcânica hemicristalina, Fragmentos e Piroclastos, Venulações;
 2.67% Augita, Prismático, Como constituinte primário, Em <Constituinte>, Fragmento de rocha

vulcânica hemicristalina, Fragmentos e Piroclastos, Como fragmento de rocha vulcânica, brecha hidráulica;

1.33% Hematita, Cutícula, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Piroxênio indiferenciado, Piroxênios-Piroxenóides, Como constituinte primário;

Classificação

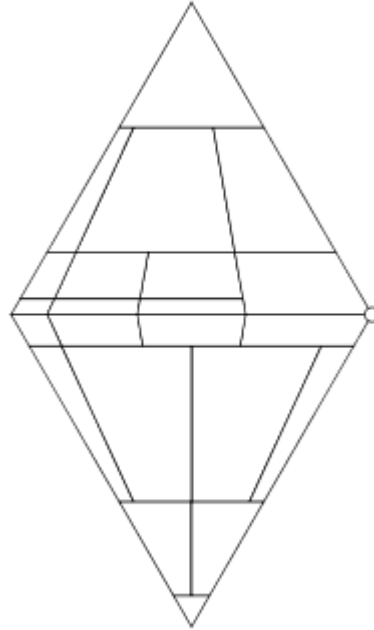
Streckeisen - Vulcânicas Original: Basalto

Q: 0.0

A: 0.0

P: 100.0

F: 0.0



Classificação Vulcanoclástica

Classificação Vulcanoclástica Original: Autobrecha

Total

Silicatos 49.333

Não-Silicatos 50.666

Porosidade 0.0

Minerais félsicos 46.666

Minerais máficos 4.0

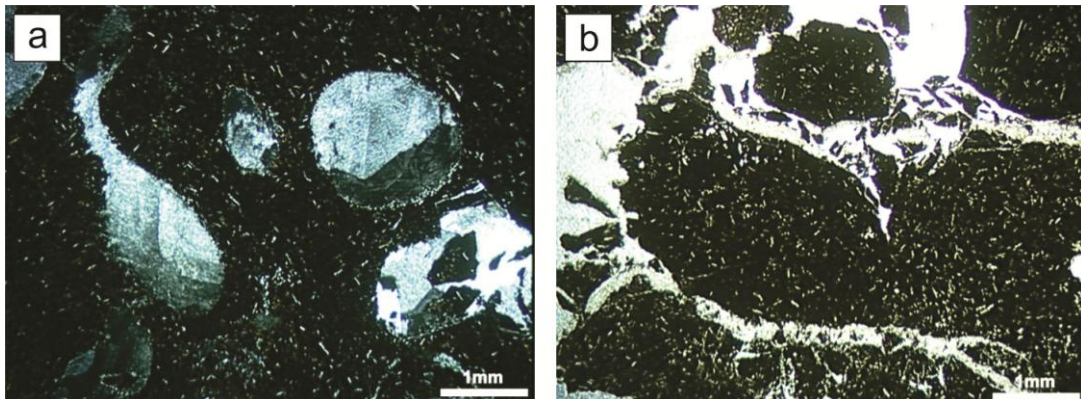


Figura 17 - a) vesículas estiradas, típicas de derrames 'a'a b) brecha rica em fragmentos de basalto hipocristalino cimentados por zeólita e quartzo.

Identificação

Identificação da descrição: LR-037
 Identificação da lâmina: 37-A
 Tipo da rocha: Ígnea
 Nome do poço/afloramento: LR-037
 Unidade/Idade: Formação Serra Geral
 Bloco/Província: Bacia do Paraná
 País: Brasil
 Estado: RS
 Lugar: UTM-E 482684/ UTM-N 6795616/ Elev: 592m
 Instituição: UFRGS
 Petrógrafo: Lucas Rossetti
 Data da primeira edição: 05/09/2011
 Data da última edição: 08/11/2011
 Usos: Ensino/treinamento

Sumário

Latito afanítico microcristalino, composto por micrólitos de plagioclásio e sanidina além de augita. Microvesicular, sendo o preenchimento predominantemente por quartzo. Estrutura de autobrechação.

Características Microscópicas Texturais

Estrutura(s): Amigdaloidal, Vesicular
Cristalinidade: Hipocristalina
Granularidade: Microcristalina
Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
Intervalo de tamanho de cristal: Muito fino (0.07999999 mm) ao Muito fino (0.07999999 mm)
Tamanho de cristal modal: Muito fino (0.07998 mm)

Forma dos cristais / fragmentos

Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática

Textura(s): Amigdaloidal, Vesicular

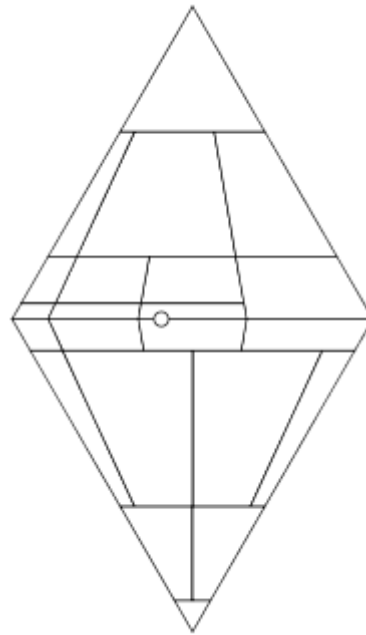
Composição

24.0% Feldspato indiferenciado, Esferulito, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Vidro félsico, Vidro, Como constituinte primário;
 14.67% Sanidina, Prismático, Como constituinte primário, Primária;
 10.33% Plagioclásio cálcico, Prismático, Como constituinte primário, Maclado, Primária;
 10.0% Vidro félsico, Como constituinte primário, Alterado, Primária;
 9.0% Quartzo, Anédrico, Preenchendo cavidade, Em <Constituinte>, Vesícula, Poros e cavidades;
 5.33% Quartzo, Drusiforme, Preenchendo cavidade, Em <Constituinte>, Vesícula, Poros e cavidades;
 8.0% Clinopiroxênio indiferenciado, Prismático, Como constituinte primário, Primária;
 6.0% Magnetita, Prismático, Como constituinte primário, Primária;
 5.33% Esmectita, Lamelar, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Vidro félsico, Vidro, Como constituinte primário;
 4.67% Hematita, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Clinopiroxênio indiferenciado, Piroxênios-Piroxenóides, Como constituinte primário;
 1.33% Ilmenita, Prismático, Como constituinte primário, Primária;
 1.33% Vesícula;

Classificação

Streckeisen - Vulcânicas Original: Latito

Q: 0.0
 A: 58.663467
 P: 41.336536
 F: 0.0



Total

Silicatos	76.666
Não-Silicatos	22.0
Porosidade	1.333
Minerais félsicos	63.333
Minerais máficos	20.0

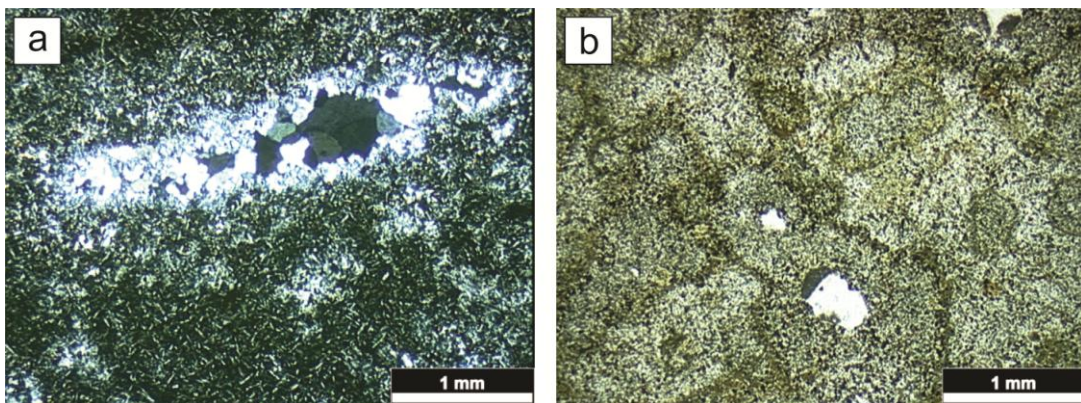


Figura 18 - a) vesículas estiradas, em latito b) autobrecha.

Identificação

Identificação da descrição: LR-038-A
Identificação da lâmina: 38-A
Tipo da rocha: Ígnea
Nome do poço/afloramento: LR-038
Unidade/Idade: Formação Serra Geral
Bloco/Província: Bacia do Paraná
País: Brasil
Estado: RS
Lugar: UTM E 483052/ UTM N 6796353/ Elev: 524m
Instituição: UFRGS
Petrógrafo: Lucas Rossetti
Data da primeira edição: 17/10/2011
Data da última edição: 08/11/2011
Usos: Ensino/treinamento

Características Microscópicas Texturais

Estrutura(s): Maciça
Cristalinidade: Hipocristalina
Granularidade: Fanerítica
Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
Intervalo de tamanho de cristal: Muito fino (0.03999999 mm) ao Fino (0.7 mm)

Forma dos cristais / fragmentos

Perfeição do formato cristalino: Hipautomórfica
Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática

Textura(s): Seriada, Intergranular, Intersertal

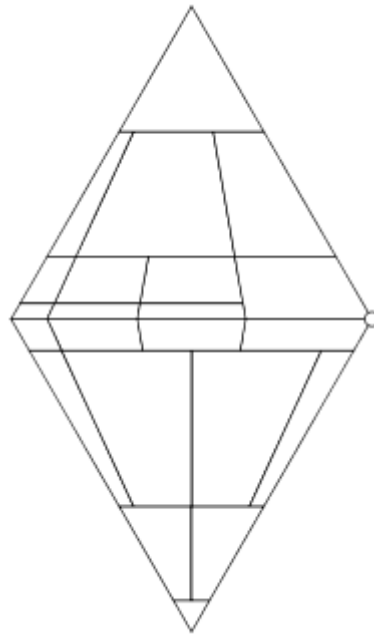
Composição

43.0% Augita, Prismático, Como constituinte primário, Alterado;
43.0% Plagioclásio cálcico, Prismático, Como constituinte primário, Maclado;
10.33% Esmeclita, Substituindo <Constituinte>, Vidro máfico, Vidro, Como constituinte primário;
3.67% Magnetita, Prismático, Primária;

Classificação

Streckeisen - Vulcânicas Original: Basalto

Q: 0.0
A: 0.0
P: 100.0
F: 0.0

**Total**

Silicatos	96.333
Não-Silicatos	3.666
Porosidade	0.0
Minerais félsicos	43.0
Minerais máficos	46.666

Identificação

Identificação da descrição: LR-039- B
 Identificação da lâmina: 39-B
 Tipo da rocha: Ígnea
 Nome do poço/afloramento: LR-039
 Unidade/Idade: Formação Serra Geral
 Bloco/Província: Bacia do Paraná
 País: Brasil
 Estado: RS
 Lugar: UTM-E 488882/UTM-N 6795558/Elev: 625m
 Instituição: UFRGS
 Petrógrafo: Lucas Rossetti
 Data da primeira edição: 05/09/2011
 Data da última edição: 08/11/2011
 Usos: Ensino/treinamento

Sumário

Porção de topo de derrame aa. Autobrecha basáltica, rica em fragmentos de basalto vitrofíricos, com cristais de plagioclásio e clinopiroxênio em matriz vitrea oxidada. A rocha sofre brechação posterior, formando brecha com fragmentos angulosos cimentada por zeolita.

Características Microscópicas Texturais

Estrutura(s): Amigdaloidal (0-5 mm), Brechado, Brecha em mosaico
Cristalinidade: Hipocristalina
Granularidade: Microcristalina
Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
Intervalo de tamanho de cristal: Muito fino (0.07999999 mm) ao Fino (1.0 mm)
Tamanho de cristal modal: Fino (1.0 mm)

Forma dos cristais / fragmentos

Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática

Textura(s): Porfirítica, Intersertal, Amigdaloidal

Composição

23.67% Vidro máfico, Como constituinte primário, Alterado, Em <Constituinte>, Fragmento de rocha vulcânica hemicristalina, Fragmentos e Piroclastos, Como fragmento de rocha vulcânica, Porção Brechada;

1.67% Vidro máfico, Como constituinte primário, Em <Constituinte>, Fragmento de rocha vulcânica hemicristalina, Fragmentos e Piroclastos, Como autoclasto;

17.0% Hematita, Maciço, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Vidro máfico, Vidro, Em fragmento de rocha vulcânica, Porção brechada;

8.67% Óxido indiferenciado, Prismático, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Clinopiroxênio indiferenciado, Piroxênios-Piroxenóides, Como constituinte primário, Pseudomorfos;

3.67% Hematita, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Vidro máfico, Vidro, Em fragmento de rocha vulcânica, ;

9.67% Plagioclásio cálcico, Prismático, Como constituinte primário, Em <Constituinte>, Fragmento de rocha vulcânica hemicristalina, Fragmentos e Piroclastos, Em fragmento de rocha vulcânica, Porção brechada;

5.67% Plagioclásio cálcico, Prismático, Como constituinte primário, Maclado, Em <Constituinte>, Fragmento de rocha vulcânica hemicristalina, Fragmentos e Piroclastos, Como autoclasto;

9.33% Zeolita indiferenciada, Prismático, Preenchendo fratura de rocha, Em <Constituinte>,

Fratura, Poros e cavidades, cimentando brecha;

8.67% Zeolita indiferenciada, Prismático, Preenchendo vesícula, Em <Constituinte>, Fragmento de rocha vulcânica hemicristalina, Fragmentos e Piroclastos, Como autoclasto;

2.67% Zeolita indiferenciada, Prismático, Preenchendo vesícula, Em <Constituinte>, Fragmento de rocha vulcânica hemicristalina, Fragmentos e Piroclastos, Como fragmento de rocha vulcânica, Porção Brechada;

3.67% Esmectita, Fibroso, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Clinopiroxênio indiferenciado, Piroxênios-Piroxenóides, Como constituinte primário;

3.0% Augita, Prismático, Como constituinte primário, Em <Constituinte>, Fragmento de rocha vulcânica hemicristalina, Fragmentos e Piroclastos, Como fragmento de rocha vulcânica, Porção brechada;

1.0% Augita, Prismático, Como constituinte primário, Em <Constituinte>, Fragmento de rocha vulcânica hemicristalina, Fragmentos e Piroclastos, Como autoclasto;

1.33% Vesícula;

0.33% Apatita, Acicular, Como constituinte primário, Em <Constituinte>, Fragmento de rocha vulcânica hemicristalina, Fragmentos e Piroclastos, Como autoclasto;

Classificação

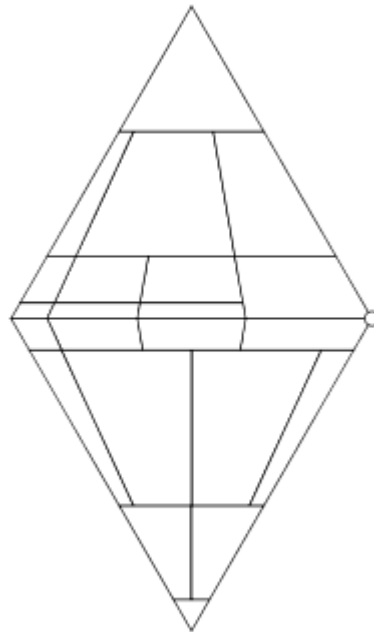
Streckeisen - Vulcânicas Original: Basalto

Q: 0.0

A: 0.0

P: 100.0

F: 0.0



Classificação Vulcanoclástica

Classificação Vulcanoclástica Original: Autobrecha

Observação: Porções com autobrechação, posteriormente formando brechas cimentadas por zeolitas.

Total

Silicatos	43.666
Não-Silicatos	55.0
Porosidade	1.333
Minerais félsicos	36.0
Minerais máficos	33.333

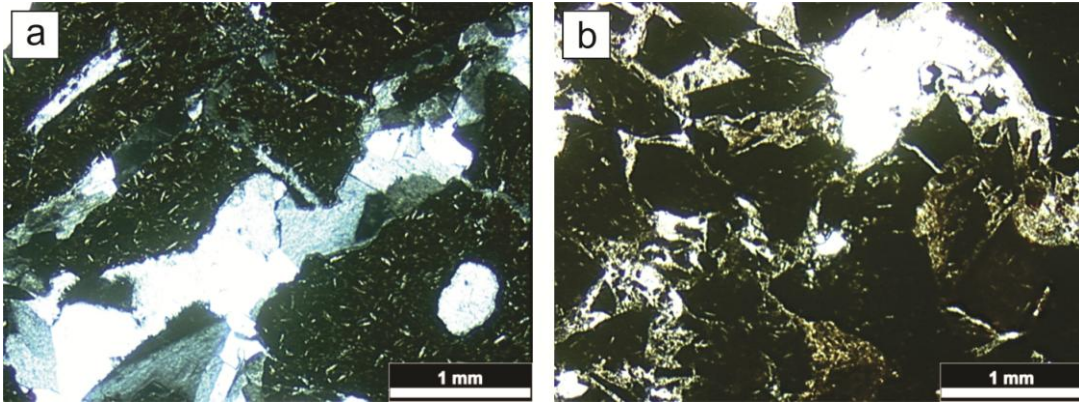


Figura 19 - a) vesículas estiradas, típicas de derrames 'a'a b) brecha rica em fragmentos de basalto hipocristalino cimentados por zeólita e quartzo.