UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICAS E PETROLÓGICAS DAS
BRECHAS VULCÂNICAS DO MACIÇO DE TUNAS, PR

Eleonora Maria Gouvêa Vasconcellos

Orientador: Prof. Dr. Celso de Barros Gomes

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia

SÃO PAULO
1991

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICAS E PETROLÓGICAS DAS
BRECHAS VULCÂNICAS DO MACIÇO DE TUNAS, PR

Eleonora Maria Gouvêa Vasconcellos

Orientador: Prof. Dr. Celso de Barros Gomes

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

COMISSÃO EXAMINADORA

nome

ass.

Presidente:

Dr. Celso de B. Gomes

Examinadores:

Dr. Akihisa Motoki

Dra. Mabel N.C. Ulbrich

SÃO PAULO
1991

DEDALUS - Acervo - IGC

30900005871

A meus pais
Antonio Celso Donato Vasconcellos
e
Guajacira Gouvêa Vasconcellos

SUMARIO

	Página
AGRADECIMENTOS.....	xii
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
 I. INTRODUÇÃO.....	 1
1.1. Generalidades.....	1
1.2. Localização.....	2
1.3. Trabalhos anteriores.....	4
 II. METODOLOGIA.....	 6
2.1. Trabalhos de campo.....	6
2.2. Petrografia.....	7
2.3. Análise química de minerais.....	7
2.4. Porcentagem dos clastos em relação à matriz.....	9
 III. GEOLOGIA.....	 11
3.1. Metabasitos.....	13
3.2. Rochas alcalinas.....	14
3.2.1. Monzogabros e gabros.....	14
3.2.2. Monzodioritos e dioritos.....	14
3.2.3. Sienitos e sienitos alcalinos.....	15
3.3. Diques alcalinos.....	15
3.3.1. Traquitos.....	18
3.3.2. Microsienitos.....	18
3.3.3. Bostonitos.....	18
3.4. Pegmatóides.....	18
3.5. Cataclasitos e agmatitos.....	19
3.6. Brechas vulcânicas.....	21
3.6.1. Lajeado 1.....	21

3.6.2. Lajeado 2.....	23
3.6.3. Lajeado 3.....	23
3.6.4. Lajeado 4.....	23
3.6.5. Arroio Barro Vermelho.....	24
3.6.6. Antena.....	24
3.6.7. Barro Vermelho.....	25
3.7. Depósitos recentes.....	25
IV. PETROGRAFIA.....	26
4.1. Metabasitos.....	26
4.2. Rochas alcalinas.....	27
4.2.1. Monzogabros e gabros.....	27
4.2.2. Monzodioritos e dioritos.....	28
4.2.3. Sienitos e sienitos alcalinos.....	32
4.3. Diques alcalinos.....	39
4.3.1. Traquitos.....	39
4.3.2. Microssienitos.....	40
4.3.3. Bostonitos.....	41
4.4. Veios pegmatóides.....	42
4.5. Cataclasitos e agmatitos.....	44
4.6. Brechas vulcânicas.....	45
4.6.1. Lajeado 1.....	45
4.6.2. Lajeado 2.....	51
4.6.3. Lajeado 3.....	53
4.6.4. Lajeado 4.....	59
4.6.5. Arroio Barro Vermelho.....	64
4.6.6. Antena.....	67
4.6.7. Barro Vermelho.....	71
V. ANALISE PERCENTUAL DA RELAÇÃO CLASTOS X MATRIZ.....	79
VI. QUIMICA MINERAL.....	91
6.1. Feldspatos.....	91
6.2. Piroxênios.....	101

VII. CONSIDERAÇÕES GERAIS E CONCLUSÕES.....	107
VIII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	121

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Mapa de localização da área em estudo.....	3
Figura 2 - Cálculo da porcentagem de clastos e matriz, com base na contagem de nós contados em papel milimetrado.....	10
Figura 3 - Mapa esquemático mostrando as Falhas de Morro Agudo e Lancinha, e os principais corpos graníticos associados, além do posicionamento do maciço de Tunas em relação aos lineamentos.....	12
Figura 4 - Esquema indicando a localização das ocorrências de brechas vulcânicas do maciço alcalino de Tunas....	22
Figura 5 - Composição dos feldspatos da matriz e de alguns clastos de brechas vulcânicas de Lajeado 1, expressa em termos das moléculas de Or, Ab e An.....	96
Figura 6 - Composição dos feldspatos da matriz de brechas de Lajeado 2 expressa em termos das moléculas de Or, Ab e An.....	96
Figura 7 - Composição de feldspatos da matriz e clastos de brechas de Lajeado 3, expressa em moléculas de Or, Ab e An.....	97
Figura 8 - Composição de feldspatos da matriz, de clastos acessórios e de fenocristais de brechas de Lajeado 4, expressa em moléculas Or, Ab e An.....	97
Figura 9 - Composição de feldspatos de fenocristais de brechas de Barro Vermelho, expressa em moléculas de Or, Ab e An.....	98
Figura 10 - Composição de feldspatos da matriz e fenocristais de brechas da Antena, expressa em moléculas de Or, Ab e An.....	98
Figura 11 - Diagrama ilustrando a solução sólida nos feldspatos. Está também indicada a nomenclatura da série dos plagioclásios e dos feldspatos alcalinos de alta temperatura.....	99

Figura 12 - Histogramas mostrando a composição dos feldspatos da matriz das brechas e das rochas encaixantes, segundo a porcentagem da molécula de Ab.....	100
Figura 13 - Histogramas em porcentagem da molécula de An de feldspatos da matriz de brechas vulcânicas e de rochas encaixantes.....	100
Figura 14 - Histogramas em porcentagem da molécula de Or de feldspatos da matriz de brechas vulcânicas e de rochas encaixantes.....	100
Figura 15 - Composição de piroxênios da matriz de brechas vulcânicas de Tunas, expressa em termo das moléculas de Ca, Mg e Fe.....	105
Figura 16 - Histogramas em porcentagem de Ca, de piroxênios da matriz de brechas vulcânicas e das rochas encaixantes.....	106
Figura 17 - Histogramas em porcentagem da molécula de Mg da matriz de brechas vulcânicas e de rochas encaixantes.....	106
Figura 18 - Histogramas em porcentagem da molécula de Fe de piroxênios da matriz de brechas vulcânicas e das rochas encaixantes.....	106
Figura 19 - Esquema mostrando os estágios de formação dos diferentes tipos de brechas vulcânicas intrusivas do maciço de Tunas.....	114
Figura 20 - Sequência de formação das rochas de Tunas.....	116

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1	- Medida da dimensão e área de clastos relativamente à matriz, em afloramentos.....	82
Tabela 2	- Medida da percentagem de clastos e matriz das brechas de Tunas, a partir da contagem de pontos com papel milimetrado.....	84
Tabela 3	- Medida da dimensão e área de clastos em secções delgadas e sua relação com a matriz, das brechas de Lajeado 1.....	86
Tabela 4	- Medida da dimensão e área de clastos em secções delgadas e sua relação com a matriz, das brechas de Lajeado 2.....	87
Tabela 5	- Medida da dimensão e área de clastos em secções delgadas e sua relação com a matriz, das brechas de Lajeado 3.....	87
Tabela 6	- Medida da dimensão e área de clastos em secções delgadas e sua relação com a matriz, das brechas de Lajeado 4.....	88
Tabela 7	- Medida da dimensão e área de clastos em secções delgadas e sua relação com a matriz, das brechas do Arroio Barro Vermelho.....	89
Tabela 8	- Medida da dimensão e área de clastos em secções delgadas e sua relação com a matriz, das brechas da Antena.....	89
Tabela 9	- Medida da dimensão e área de clastos em secções delgadas e sua relação com a matriz, das brechas de Barro Vermelho.....	90
Tabela 10	- Composição química de feldspatos de brechas vulcânicas de Tunas.....	94
Tabela 11	- Composição molecular (%) aproximada de feldspatos da matriz e de clastos de brechas vulcânicas de Tunas.....	95
Tabela 12	- Composição química de piroxênios de brechas vulcânicas de Tunas.....	103

Tabela 13 - Composição molecular (%) aproximada de piroxênios da matriz e de clastos de brechas vulcânicas de Tunas.....	104
Tabela 14 - Classificação de brechas de origem ígnea.....	109

LISTA DE FOTOS

Página

Foto 1	- Corte na amostra TU-16, mostrando superfície polida onde destacam-se clastos e matriz em brecha vulcânica.....	10
Foto 2	- Xenólito anguloso, constituído de minerais máficos, envolvidos por monzodioritos ou dioritos.....	16
Foto 3	- Pedreira de sienito verde, ornamental, localizada na BR-476.....	16
Foto 4	- Vista geral de estrutura subvulcânica semi-circular observada no maciço de Tunas.....	17
Foto 5	- Pedreira abandonada de sienito, localizada na estrada que liga Tuneiras a Agua Clara, na porção SE do maciço.....	20
Foto 6	- Pedreiras de extração de rochas pegmatóides (ornamentais) localizada na BR-476.....	20
Foto 7	- Xenólito de quartzito envolvido por monzodiorito....	30
Foto 8	- Detalhe da foto 7.....	30
Foto 9	- Detalhe de uma cavidade miarolítica em sienito, mostrando a ocorrência de anfibólios pretos bem cristalizados.....	34
Foto 10	- Cavidade miarolítica em sienito preenchida com feldspatos brancos tabulares e anfibólios.....	34
Foto 11	- Feldspato alcalino em sienito coberto por fina poeira hematítica e formando junção triplice, com quartzo.....	36
Foto 12	- Piroxênio de hábito acicular, fibrorradiado, em meio a feldspato em amostra de sienito.....	36
Foto 13	- Cristal de biotita passando a opacos nas bordas em sienito.....	37
Foto 14	- Cristal de biotita com inclusão acicular de rutilo em sienito.....	37
Foto 15	- Pequeno dique de traquito cortando rochas sieníticas	43

Foto 16 - Detalhe de zona pegmatóide caracterizada pela presença de feldspatos geminados, biotitas e anfibólios associados.....	43
Foto 17 - Afloramento de cataclasito, constituído essencialmente de feldspato alcalino.....	46
Foto 18 - Afloramento de agmatito, bastante alterado, mostrando clastos esbranquiçados de filito, envolvido por sienito avermelhado.....	46
Foto 19 - Brecha de Lajeado 1 mostrando clastos tabulares e equidimensionais em matriz muito fina, afanítica, cinza escuro.....	47
Foto 20 - Brecha de Lajeado 1 mostrando clastos milimétricos a centimétricos em matriz cinza clara, traquitica...	47
Foto 21 - Brecha de Lajeado 1 mostrando matriz fina, maciça e vidro vulcânico, envolvendo clastos essenciais de composição feldspática.....	50
Foto 22 - Clasto de traquito em brecha de Lajeado 1.....	50
Foto 23 - Brecha de Lajeado 2 com matriz cinza claro envolvendo clastos pouco definidos e com alteração acastanhada.....	52
Foto 24 - Brecha de Lajeado 2 mostrando matriz muito fina constituída de carbonatos e feldspatos.....	52
Foto 25 - Clastos de formas, tamanhos e composições variadas em brechas de Lajeado 3.....	55
Foto 26 - Aspecto geral das brechas de Lajeado 3, caracterizadas por clastos de tamanhos diversos em matriz acinzentada. Verifica-se borda de reação esbranquiçada dos clastos com a matriz.....	55
Foto 27 - Clasto de filito mostrando intercalação de níveis quartzosos, mais espessos com níveis biotíticos, mais finos, em brecha de Lajeado 3.....	57
Foto 28 - Clasto de traquito, em brecha de Lajeado 3, mostrando textura em "plumas".....	58
Foto 29 - Clasto de feldspato alcalino em brecha de Lajeado 3, mostrando borda de reação com a matriz.....	60

Foto 30 - Afloramento de brechas de Lajeado 4, destacando-se grandes clastos angulosos em matriz fina cinza escuro.....	61
Foto 31 - Clastos de tamanhos, formas e composições variadas em Lajeado 4.....	61
Foto 32 - Clasto de brecha mais antiga envolvido por brecha de matriz cinza escuro.....	62
Foto 33 - Clasto de piroxênio com inclusões orientadas de biotita, em brecha de Lajeado 4.....	65
Foto 34 - Brecha de Lajeado 4 onde se distinguem clasto de piroxênio com inclusões de biotita, clasto de piroxenito com borda de reação de biotita e clasto de biotitito, em matriz piroxênio feldspática.....	65
Foto 35 - Clasto de piroxenito com borda de reação formada por biotita, envolvida por piroxênios e opacos e envolvido novamente por biotita.....	66
Foto 36 - Clasto de brecha mais antiga contendo clasto de feldspato, em matriz de brecha mais jovem.....	66
Foto 37 - Clasto centimétrico de sienito envolvido por matriz fina, cinza escura, intensamente fraturada. Brecha da Antena.....	70
Foto 38 - Clasto de sienito pertitzado em matriz de composição feldspática, em Brecha da Antena.....	70
Foto 39 - Clasto de quartzito mostrando a intercalação de níveis dados por cristais xenomórficos de granulação fina e grossa.....	72
Foto 40 - Cavidade vesicular, observada na matriz de brechas da Antena, preenchida por serpentina no centro e vidro ao redor.....	72
Foto 41 - Brecha da localidade de Barro Vermelho mostrando grande quantidade de clastos acidentais, principalmente de filitos.....	73
Foto 42 - Detalhe da Foto 41 realçando o tamanho variável dos clastos.....	73
Foto 43 - Imagem realçando a maior resistência dos fragmentos das brechas de Barro Vermelho em relação à matriz...	74

Foto 44 - Detalhe de um clasto de filito falhado, com movimentação.....	74
Foto 45 - Detalhe de clastos de filito fraturados, sendo as fraturas preenchidas por matriz.....	76
Foto 46 - Clasto de filito em Barro Vermelho mostrando intercalação de níveis biotíticos com os de epidoto mais quartzo.....	76
Foto 47 - Brecha de Barro Vermelho caracterizando textura suportada por clastos e matriz, com clasto de traquito em contato com clasto de quartzito.....	78

AGRADECIMENTOS

No longo período em que foi desenvolvido este trabalho, muitas pessoas nos deram apoio técnico-científico e amizade para que esta etapa fosse vencida. A essas pessoas devemos nossa gratidão e respeito:

- ao Prof. Dr. Celso de Barros Gomes pela orientação e correção final da dissertação;
- a Excelso Ruberti, sem o qual grande parte do trabalho não teria sido realizada, agradecemos pelo acompanhamento no campo, pela ajuda nas análises de microsonda e por todo o apoio dado durante esses anos;
- aos companheiros de campo Carlos Roberto Soares, Elvo Fassbinder, Amin Katbeth e Marcelo Borges Esteves;
- ao companheiro e amigo José Manoel dos Reis Netos pelo apoio para que este trabalho fosse iniciado;
- a Rômulo Augusto Baumei Filho por toda a ajuda prestada na realização das etapas mais trabalhosas;
- ao amigo Gino Parolin Neto pela confecção do abstract;
- a João Carlos Biondi pelos debates feitos sobre a metodologia de desenvolvimento do trabalho;
- a Tânia Mara de Souza e Cleverson Forlin pela dedicação com que realizaram os desenhos;
- ao pessoal do laboratório de microsonda da Universidade de São Paulo, Eduardo, Sandro e Angélica;

- à laboratorista Neuza de Souza Pinto pela confecção de lâminas delgadas no laboratório da Universidade Federal do Paraná;
- ao laboratório de laminação do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo;
- ao meu irmão João Evangelista Vasconcellos Neto por todo apoio dado na elaboração final deste relatório;
- à comunidade de Tunas pela recepção e pelos préstimos durante as etapas de campo;
- aos amigos, colegas e professores do curso de pós-graduação do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo por todas as críticas, pela companhia e pelo auxílio prestado durante esses anos.

RESUMO

As brechas vulcânicas do maciço alcalino de Tunas são estudadas detalhadamente com base na sua petrografia e análise de minerais da matriz por microsonda.

O maciço é formado de sienitos, sienitos alcalinos, gabros, monzogabros, dioritos, monzodioritos, veios pegmatóides e diques alcalinos (traquitos, microssienitos e bostonitos). Essas rochas consistem de feldspatos, clinopiroxênios, biotitas e anfibólios em maior quantidade e, subordinadamente, de olivina, feldspatóides ou quartzo, opacos, zircão e apatita.

São descritos sete corpos de brechas aflorando em localidades diferentes do maciço, quatro na sua porção noroeste e três na parte central.

As brechas, classificadas como intrusivas de conduto e tufisíticas, são constituídas por clastos de rochas formadoras do maciço, rochas encaixantes e por fragmentos essenciais. Elas são também separadas com base no tipo de matriz.

O cálculo da proporção dos clastos em relação à matriz para fins de classificação textural, efetuado em diversas etapas, permite distinguir brechas suportadas por matriz, por matriz e clastos e somente por clastos (tipo menos comum).

Análises de feldspatos e piroxênios por microsonda revelam a estreita associação dessas rochas com as demais litologias alcalinas do maciço.

O modo de ocorrência, o tamanho, a forma e a composição dos clastos e o tipo de matriz das brechas de Tunas são comparados com dados de literatura. Para a sua formação propõe-se uma origem com base nos processos de fluidização, com participação de correntes fluidizadas.

ABSTRACT

The volcanic breccias of the Tunas alkali massif are studied in details through their petrography and analysis of the matrix minerals by microprobe.

The massif is formed by syenites, alkali syenites, pegmatoides veins and alkali dikes (trachytes, microsyenites and bostonites). These rocks are fundamentally composed of feldspars, clinopyroxenes, biotites and amphiboles and, subordinately, of olivines, feldspatoids or quartz, opaques, zircon and apatite.

Seven breccia bodies are described in different outcrops of the massif, four bodies in the northwest portion and three bodies in the central portion.

The breccias are classified as intrusives of conduit and "tufisiticas". They are constituted of clasts of rocks that form the massif of country rocks and of essential fragments. These rocks are also classified by the kind of matrix.

The proportional balance of the clasts about the matrix (based on textural classification) permits the distinction of the breccias as: "matrix-supported", "clast-matrix-supported" and "clast-supported".

The microprobe analysis of feldspars and pyroxenes shows the association of these rocks with the other alkali lithologies of the massif.

The kind of matrix, the size, the form, the composition and how the clasts appear are compared with information from literature.

We propose (for its formation) a fluidization process with fluidity currents.

I. INTRODUÇÃO

1.1. Generalidades

As brechas vulcânicas de Tunas, reconhecidas pela primeira vez por TREIN et al. (1967), são rochas que afloram em localidades diversas dentro do maciço sienítico e que apresentam características variadas de uma ocorrência em relação às outras, quer do ponto de vista estrutural, textural e composicional.

Este trabalho tem por objetivo caracterizar detalhadamente esses corpos, correlacioná-los e, tentativamente, interpretar os seus processos formadores.

O interesse pelo assunto deveu-se à escassez de trabalhos relativos ao tema em maciços alcalinos brasileiros e devido à quantidade de dados que este assunto pode fornecer, principalmente em relação às rochas geradas em profundidade que são trazidas à superfície pelos processos que dão origem às brechas vulcânicas.

A metodologia aplicada ao desenvolvimento deste trabalho baseia-se em estudos constantes da bibliografia sobre a forma como devem ser tratados os dados referentes à geologia e petrologia de brechas vulcânicas, considerando-se ainda as possibilidades oferecidas pelos laboratórios da Universidade Federal do Paraná e da Universidade de São Paulo.

1.2. Localização

O maciço de Tunas situa-se no Estado do Paraná, junto à localidade homônima, pertencente ao Município de Bocaiúva do Sul, ao norte da cidade de Curitiba, sendo seu acesso feito pela BR-476, conhecida como "Estrada da Ribeira". Dista aproximadamente 60 km de Curitiba e é cortado por essa estrada no sentido N-S (Fig. 1). As ocorrências de brechas vulcânicas são alcançadas geralmente por estradas secundárias, trilhas ou caminhos.

Esse corpo alcalino, de forma alongada no sentido NW-SE, tem aproximadamente 22 km² em área e está compreendido entre as coordenadas geográficas 24° 58' 58" e 24° 54' 56" de latitude Sul e 49° 03' 05" e 49° 07' 35" a oeste de Greenwich.

1.3. Trabalhos anteriores

O maciço de Tunas foi referido pela primeira vez por CARVALHO & PINTO (1937), que reconheceram um corpo sienítico cortado por diques e veios de traquito, composto por sanidina, egirina e arfvedsonita, aflorando próximo à localidade de Tuneiras. Através de estudos petrográficos MORAES REGO & ALMEIDA (1946, in FUCK, 1972) definem dois tipos de sienito, um hornblenda sienito e um hornblenda-quartzo sienito, próximo à localidade de Tunas.

TREIN et al. (1967), em levantamento das rochas alcalinas do Primeiro Planalto do Estado do Paraná para o programa da Carta Geológica do Paraná, descrevem sienitos, gabros e traquitos; reconhecem pela primeira vez as brechas vulcânicas alinhadas segundo NW-SE. As brechas ocorrem nas proximidades de Lajeado, na porção NW do maciço, e são constituídas por rochas de matriz muito fina, porfirítica, com clastos de traquito e sienito; correspondem a uma fase tardia, explosiva ou de colapso na porção central de uma chaminé sienítica. Os autores fornecem ainda descrição pormenorizada sobre as demais litologias constituintes do maciço.

FUCK (1972), em trabalho de tese de doutoramento realiza estudo mais detalhado do ponto de vista petrográfico e define o maciço como consistindo de sienitos, pulasquitos, gabros alcalinos, sienodioritos, dioritos, rochas filoneanas e brechas vulcânicas; adicionalmente, tece considerações sobre a sua gênese, idade e posicionamento na tectônica regional. São descritas três ocorrências de brechas, caracterizadas como uma fase tardia de colocação do corpo, originada por colapso de estruturas, com ascensão de lava traquítica, gerando mais de um estágio de brechas.

CORDANI & HASUI (1968) definem dois grupos de idade para as rochas de Tunas: um com cerca de 110 Ma e outro com 70 Ma, sugerindo, assim, a possibilidade do maciço ter-se formado durante certo intervalo de tempo, em fases magmáticas sucessivas.

ULBRICH & GOMES (1981), em compilação dos trabalhos relativos aos diversos maciços alcalinos do Brasil, estabelecem para eles oito associações litológicas distintas, agrupando-as em dez províncias conforme o posicionamento; enquadram o maciço de Tunas, juntamente com as ocorrências da Ilha do Monte de Trigo e da Ilha de

São Sebastião, na associação gabro alcalina, ultramáfica, contendo pulasquitos, nefelina sienitos, essexitos, teralitos e monzonitos como principais litologias.

SILVA et al. (1981) caracterizam o maciço de Tunas como sendo de tendência alcalina equerítica, de caráter alcalino feldspático, levemente subsaturado, e composto de sienitos alcalinos, pulasquitos, gabros, dioritos e brechas vulcânicas com matriz traquítica, além de diques de bostonito e foiaitos.

HARA & SILVA (1982) descrevem treze variedades de rochas alcalinas em Tunas, com base em características texturais e composição mineralógica; caracterizando duas ocorrências de brechas vulcânicas.

SOARES (1984), através da interpretação de dados petrográficos e geoquímicos das principais ocorrências da Província Alcalina do Brasil Meridional, determina vários parâmetros petroquímicos (números de Niggli, índices QLM, composições normativas, porcentagens e índices agpaíticos) e traça diagramas de variação para os conjuntos de rochas supostamente aparentadas; caracteriza o maciço de Tunas, que faz parte da Província do Arco de Ponta Grossa, como mostrando comportamento diferencial, a partir de gráficos derivados da análise petroquímica e estatística.

O trabalho mais recente sobre Tunas é o de GOMES et al. (1987), que, realizando datações pelos métodos K/Ar e Rb/Sr, obtém idades entre 60 e 120 Ma, com frequência maior entre 80 e 90 Ma. Descrevem o corpo como sendo constituído por sienitos e sienitos alcalinos (tipos predominantes), gabros alcalinos, sienogabros, essexitos e sienodioritos (subordinados), além de diques de microssienito, traquito e bostonito e brechas vulcânicas. Os autores fornecem importantes dados sobre a química mineral dos feldspatos, clinopiroxênios, anfibólios, biotitas, olivinas e óxidos de Fe e Ti, além de análises de rocha total; sugerem para as rochas do maciço uma origem a partir de cristalização fracionada de olivina, opacos, clinopiroxênios e plagioclásio como fases dominantes, bem como de apatita, anfibólio, biotita, titanita e feldspato potássico de magmas parentais de natureza gábrica alcalina a sienítica alcalina, com temperaturas iniciais de 1200° C em gabros a 700° C em sienito.

II. METODOLOGIA

O desenvolvimento deste trabalho deu-se em etapas de campo e de laboratório, consistindo de: fotointerpretação, mapeamento, petrografia e análises por microsonda eletrônica, além de levantamento bibliográfico.

2.1. Trabalhos de campo

Foram executadas programações de campo em duas oportunidades distintas: a primeira, objetivando o reconhecimento das rochas do maciço e a localização dos corpos de brechas; a segunda, para o fim específico de delimitação e coleta exclusiva de amostras de brechas.

Na primeira etapa, com acompanhamento por fotointerpretação nas escalas 1:70.000 (Cruzeiro do Sul, 1963) e 1:25.000 (AERO-SUL, 1980), foi realizado caminharmento por todo o corpo alcalino, ocupando área de aproximadamente 22 km², seguido da coleta de cerca de 90 amostras representativas dos diferentes tipos litológicos existentes. Esses dados foram plotados em carta topográfica em escala 1:10.000 da COMEC (1976).

A segunda foi efetuada após a interpretação petrográfica das amostras coletadas na primeira etapa e envolveu a localização das ocorrências de brechas, cobrindo cerca de 2 km², aproximadamente 10% do maciço. Ela teve como objetivo a coleta de material dessas rochas, sendo recolhidas mais de 70 amostras. Essa etapa também foi acompanhada por fotointerpretação, porém, aqui, apenas em escala 1:25.000, para fins de delimitação dos corpos brechados.

Em seguida a essas duas etapas foi elaborado mapa geológico, tendo como base as cartas topográficas SG-22-X-B-IV-4-SE-A, D, E, F e G, de escala 1:10.000 da COMEC (1976), onde foram traçados os limites das ocorrências e delimitadas as demais rochas que compõem o maciço. Este mapa foi posteriormente reduzido para escala 1:20.000 (Anexo).

2.2. Petrografia

Para a análise petrográfica o trabalho também foi dividido em duas etapas, em conformidade com o sucedido na programação de campo.

Na primeira, foram confeccionadas 45 lâminas delgadas de amostras representativas das diferentes litologias do maciço. As lâminas foram analisadas em microscópio binocular Leitz, onde procurou-se separar as brechas para estudo posterior mais detalhado, e as demais rochas, classificadas, com base na composição mineralógica e análise modal e recorrendo-se aos diagramas de SORENSEN (1974) e STREICKSEN (1976).

Na segunda, seguinte à fase dois de campo, foram preparadas 57 lâminas referentes apenas às rochas brechadas. Essas secções foram descritas, juntamente com as brechas da primeira etapa, e analisadas segundo a constituição mineralógica da matriz e dos clastos, além de classificadas em relação à porcentagem de clastos x matriz e a constituição dos mesmos, tomando-se como base os trabalhos de BIONDI (1974) e de ULBRICH (1984, 1986).

2.3. Análise química de minerais

Com o intuito de analisar os principais minerais constituintes da matriz das brechas vulcânicas, foram inicialmente determinadas as composições químicas de feldspatos (SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , CaO e K_2O) em 7 secções e de piroxênios (SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 , CaO , Na_2O , MgO , MnO e FeO) em 4 secções. Posteriormente, para obtenção de maior quantidade de dados e comparação da composição da matriz com a dos clastos referentes às rochas constituintes do maciço, efetuou-se apenas a análise de Na_2O , CaO e K_2O para feldspatos em outras 13 amostras e de CaO , MgO e FeO para piroxênios em mais 9 secções, sendo, neste caso, tomado um número maior de grãos por amostra.

Essas análises foram feitas com o auxílio da microsonda eletrônica do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. Esse equipamento (modelo EMX-SM, de fabricação Applied Research Laboratories) acha-se equipado com três espectrômetros e três pares

de cristais (LiF/ADP, LiF/ADP e LiF/RAP). As condições analíticas empregadas foram as seguintes: potencial de aceleração, 15 kV; corrente de amostra, 0,02 - 0,03 μ A; tempo de integração, 10"; diâmetro do feixe eletrônico, aproximadamente 1 μ . Foram analisadas secções delgadas circulares, de 1 1/4 de diâmetro, cobertas por fina película de carbono depositada em metalizador automático de fabricação Bendix.

Para a minimização do fator "drift", procedeu-se à leitura periódica dos padrões, além da correção dos dados empregando-se a fórmula abaixo:

$$\%E = \left[\begin{array}{c} I_p \\ \frac{I_p}{I_a} \times (I_a - BK_a) \\ I_a \end{array} \right] \frac{\%E_p}{(I_p - BK_p)}$$

onde: E, elemento de análise; a, amostra desconhecida; p, padrão; I, corrente; BK, background.

Para a correção dos fatores de absorção de massa, número atômico e fluorescência secundária utilizou-se o método de BENCE & ALBEE (1968).

Segundo GOMES (1984), a reprodutibilidade dos dados obtidos com a técnica pode chegar, em condições mais ideais, a 1% das concentrações para elementos de $Z > 12$; no tocante à exatidão, erros ao redor de 2-3% são realísticos para a maioria das análises, alcançando, no entanto, a 5% nos casos mais desfavoráveis.

O número de leituras variou em função da existência ou não de zoneamento nos diversos cristais. Em grãos zonados, foram realizadas três leituras em uma borda, três no centro e três na borda oposta; para os não zonados, tomou-se apenas três leituras no centro dos grãos.

Como padrões recorreu-se aos seguintes minerais:

- Feldspatos

Para SiO₂, Al₂O₃, Na₂O, K₂O e CaO, ou somente Na₂O, K₂O e CaO foram empregados: ortoclásio (Or-1), K₂O; albita (Tiburón), SiO₂ e Na₂O e andesina (Ac-362), Al₂O₃ e CaO.

- Piroxênios

Também aqui foram utilizados tão somente padrões naturais, a saber: Cpx (5-118), SiO₂ e MgO; augita (A-209), TiO₂, Al₂O₃ e CaO; egirina-augita (16A), FeO, MnO e Na₂O.

O cálculo de Fe²⁺ e Fe³⁺ foi feito com base nas recomendações de ULBRICH & ULBRICH (1982) e RUBERTI (1983).

2.4. Porcentagem dos clastos em relação à matriz

Em conformidade com BIONDI (1974), esse cálculo foi feito em três estágios diferentes, sendo o primeiro deles no campo, com a medição do tamanho dos clastos (comprimento e largura). Essa etapa processou-se com a divisão dos afloramentos em malhas de dimensões diversas, medindo-se, inicialmente, os clastos maiores de 2 mm de comprimento e, a seguir, calculando-se a área de cada clasto, com vistas ao estabelecimento da relação clastos x matriz. No entanto, isto só foi possível de ser realizado em poucos afloramentos, face muitas vezes à existência de capa de alteração cobrindo essas rochas, a impedir assim a sua melhor visualização e definição dos contornos dos clastos.

O segundo estágio desenvolveu-se com a contagem dos clastos, colocando-se papel milimetrado, transparente, sobre as superfícies serradas (lisas) das amostras e considerando-se os nós (pontos de intersecção) das linhas no papel como elementos de referência para a marcação de clastos e matriz, seguindo-se então o cálculo da porcentagem conforme o número de nós contados. A foto 1 mostra uma superfície serrada de amostra do ponto TU 16 (Anexo) e a Figura 2 representa o resultado do cálculo de porcentagem.

Para o terceiro estágio utilizou-se secções delgadas com a medição do tamanho dos clastos feita com o auxílio de lupa binocular Wild, de luz transmitida, com ocular graduada. Foram traçadas áreas de 1 cm² nas lâminas e medidos o comprimento e a largura dos clastos dentro dessas áreas e, posteriormente, a partir desses dados calculadas as porcentagens dos elementos analisados.

Nessa etapa foi possível caracterizar-se melhor a relação tamanho e composição dos clastos.

III. GEOLOGIA

Ocupando área de aproximadamente 22 km², as rochas alcalinas de Tunas cortam porções precambrianas da Formação Votuverava do Grupo Açungui em sua parte oeste e da Formação Perau e do Complexo Apiai-Mirim do Grupo Setuva a leste (Anexo). A Formação Votuverava acha-se localmente constituída por metassedimentos que incluem filitos (predominantes nas áreas adjacentes), quartzitos, mármore, além de rochas metabásicas, representadas por diques de anfibolito de direção NE-SW, coincidente com as demais estruturas dessa formação. Por sua vez, a Formação Perau está representada por quartzitos, mármore e xistos como metassedimentos e rochas anfibolíticas, formações ferríferas intercaladas aos xistos, além de orientadas segundo NE-SW. O Complexo Apiai-Mirim caracteriza-se por xistos e gnaisses.

A intrusão de Tunas corta ainda diques de diabásio de idade Mesozóica da Formação Serra Geral do Grupo São Bento. Eles apresentam direção NW e ocorrem em toda a região penetrando as rochas das Formações Votuverava e Perau.

A parte sul do maciço é afetada pela chamada Falha da Lancinha e a norte pela Falha de Morro Agudo (Fig. 3).

Segundo FIORI (1985), a Falha da Lancinha sofreu reativação, com deslocamento sinistral, a partir do Mesozóico, sendo esse fato indicado pela movimentação de dois diques de diabásio próximos à localidade de Bateias. Acredita-se que essa reativação possa ter também afetado as rochas do maciço, uma vez que ele é cortado por lineamentos de direção NE-SW, que se estendem pelas formações precambrianas adjacentes. Esta hipótese é também confirmada pela ocorrência de cataclasitos nas proximidades dos lineamentos, no interior do maciço (Anexo).

Quanto às litologias alcalinas reconhecidas podem ser citadas: sienitos e sienitos alcalinos (mais abundantes), monzodioritos e dioritos, monzogabros e gabros, diques de traquito, microssienito e bostonito, veios pegmatóides, cataclasitos e agmatitos, além de brechas vulcânicas. Ocorrem ainda no interior do corpo restos de teto, formados por metabasitos, bem como sedimentos quaternários (depósitos aluvionares e coluvionares).

Maciço alcalino de Tunas

Granitos associados

1- Granito do Cerne

2- Granito Piedade

3- Granito Morro Grande

4- Granito Varginha

Lineamentos

Figura 3 – Mapa esquemático mostrando as Falhas de Morro Agudo e Lancinha, e os principais corpos graníticos associados, além do posicionamento do maciço de Tunas em relação aos lineamentos. Modificado de FLORI (1985).

A seguir, é feita breve descrição desses diferentes tipos petrográficos, partindo-se dos mais antigos para os mais recentes:

3.1. Metabasitos

Ocorrem como restos de teto no interior do maciço, em uma pequena área, próxima às brechas do sul do corpo. Em foto aérea observa-se que o afloramento representa a continuação de um dique de anfibolito, cortado pelas rochas alcalinas (Anexo). A ocorrência, descrita anteriormente por FUCK (1972) como sendo de gabro alcalino, é em realidade, um anfibolito por analogia com os metabasitos da região.

São rochas muito finas que afloram em vales ou ocorrem em pequenos blocos arredondados. Aparentemente, foram afetadas pela colocação do corpo alcalino, mostrando granulações diversas, com aparente zoneamento.

3.2. Rochas alcalinas

Constituindo a maior parte do maciço, cerca de 80% do corpo, são rochas plutônicas que ocorrem em grandes afloramentos, principalmente os sienitos e sienodioritos, ou em blocos em depósitos aluvionares. Formam elevações que se destacam prontamente no relevo em relação às formações precambrianas adjacentes. O contato entre as alcalinas e metassedimentares acha-se encoberto em quase toda sua extensão por solos, dificultando assim a sua caracterização. Porém, pode-se observar, nas poucas vezes em que é visível, que as rochas encaixantes foram afetadas pela intrusão, provocando fraturamento intenso e silicificação em sua maior parte. Nos filitos, a silicificação é melhor caracterizada, com essas rochas mostrando-se muito compactas e de alta resistência, como observado, por exemplo, no contato na parte mais a nordeste do maciço (cachoeira do Rio Ouro Fino, dentro da Fazenda Moderna), onde elas chegam a perder sua foliação característica face à intensa recristalização.

As alcalinas plutônicas são cortadas por diques de traquito, microssienito ou bostonito e, subordinadamente, por veios pegmatóides feldspáticos.

3.2.1. Monzogabros e gabros

Definidos por FUCK (1972) e por GOMES et al. (1987), os monzogabros e gabros estão presentes na porção mais a leste do maciço, ao longo da estrada que liga Tuneiras a Água Clara (Anexo). Os monzogabros aparecem em afloramentos à beira dessa estrada, enquanto que os gabros são vistos apenas em blocos no rio Ouro Fino, nas proximidades da Hidrelétrica de Tunas. Sua ocorrência só é delimitada em foto aérea, em área menor que 0,5 km², não tendo sido verificados afloramentos dos gabros. Seus contatos são marcados pela queda de relevo observada na fotointerpretação.

A ocorrência de monzogabros também é verificada em associação com monzodioritos, sem que se possa, no entanto, delimitá-los.

3.2.2. Monzodioritos e dioritos

Os monzodioritos e dioritos foram definidos por FUCK (1972) como sienodioritos e dioritos e, posteriormente, por GOMES et al. (1987) como sienodioritos, sienogabros e essexitos, a partir de análises químicas e empregando-se o diagrama de DE LA ROCHE et al. (1980). Afloram normalmente em meia encosta ou próximos a drenagens, não definindo cristas. Essas ocorrências foram caracterizadas pela maior quantidade de máficos e de cristais hipidiomórficos de plagioclásio.

O seu melhor afloramento é uma pedreira em atividade, que ocorre na porção centro-sul do maciço em um caminho secundário, junto ao lado esquerdo da BR-476 no sentido Curitiba a Adrianópolis. Cortando os monzodioritos e dioritos reconhecem-se diques de material máfico muito fino, composto principalmente de biotita e ocorrência de fraturas preenchidas por quartzo. Observa-se ainda a presença de xenólitos angulosos, de tamanhos variando de milímetros até

alguns centímetros ou mesmo metros, envolvidos por monzodioritos ou dioritos (Foto 2).

3.2.3. Sienitos e sienitos alcalinos

Ocupando área aproximada de 15 km², cerca de 60% do maciço, os sienitos e sienitos alcalinos afloram em cristas alcançando altitudes variáveis de 800 a 1.100 m, que se dispõem de maneira circular (Foto 4), na forma de quatro estruturas anelares, truncadas de NW para SE, definidos por FUCK (1972) como sienitos alcalinos, pulasquitos e foiaitos, a partir da análise química de rocha total.

As melhores exposições dessas rochas encontram-se ao longo da BR-476, onde foram abertas diversas pedreiras (Foto 3) em que o material sienítico vem sendo extraído para fins de ornamentação. As frentes de lavra mostram a rocha fresca de coloração cinza-esverdeada a esbranquiçada. Na estrada que liga Tuneiras a Água Clara, na parte leste do corpo, ocorrem também bons afloramentos em pedreiras abandonadas (Foto 5), porém com as rochas adquirindo coloração avermelhada em razão do grau de intemperismo mais pronunciado. Outros afloramentos podem ser encontrados em encostas de morro, caminhos ou trilhas e em drenagens, ou ainda, como blocos rolados nos depósitos aluvionares.

Os sienitos e sienitos alcalinos são pouco fraturados e, como referido, acham-se cortados por diques de traquitos, microssienito e bostonito ou encontram-se em contato com veios pegmatóides. Este é em geral pouco definido, apresentando por vezes variação gradacional.

3.3. Diques alcalinos

Diques alcalinos ocorrem cortando as variedades sieníticas e os demais tipos plutônicos. Apresentam composição "sienítica" e grande variação textural.

Foto 2 - Xenólito anguloso, constituído de minerais máficos, envolvidos por monzodioritos e dioritos.

Foto 3 - Pedreira de sienito verde, ornamental, localizada na BR-476.

Foto 4 - Vista geral de estrutura subvulcânica semi-circular obser-
vada no maciço de Tunas, tendo-se como referência o ponto
TU-24 na antena da rede elétrica.

3.3.1. Traquitos

Os traquitos possuem espessura centimétrica e caracterizam-se pela marcante orientação dos prismas de feldspato alcalino definindo uma estrutura de fluxo, que pode às vezes ser também observada pela orientação dos minerais máficos.

Seus contatos com as demais rochas apresentam-se nítidos, havendo predominância de material félsico em bandas mais largas e de máficos em bandas menos espessas; ambas exibem granulação fina.

Essas rochas são também melhor observadas nas pedreiras ao longo da BR-476.

3.3.2. Microssienitos

Menos abundantes que o tipo anterior, os microssienitos exibem estrutura maciça, espessura centimétrica e contatos nítidos com as encaixantes alcalinas.

3.3.3. Bostonitos

Bostonitos foram caracterizados apenas em secções delgadas, não sendo possível delimitá-los em afloramentos. Diferenciam-se dos traquitos e microssienitos pela típica textura bostonítica.

Esses diques ocorrem associados às variedades sieníticas.

3.4. Pegmatóides

Com esta designação incluem-se aqui rochas possuindo megacristais de feldspato alcalino e que são encontradas cortando sienitos e sienitos alcalinos (mais comuns), além de monzodioritos e dioritos. São constituídas essencialmente de feldspato alcalino e pequena quantidade de biotita em agregados hipidiomórficos. Os cristais de feldspato variam de alguns milímetros até aproximadamente 30-40 cm em tamanho; possuem marcante geminação Carlsbad e coloração

cinza-esbranquiçada.

A exemplo dos sienitos, os veios pegmatóides também vêm sendo explorados como pedra ornamental, com os melhores afloramentos em pedreiras ativas situadas ao longo da BR-476 (Foto 6).

O contato dessas rochas com os sienitos é em alguns pontos gradacional, notando-se variação da granulometria e concentração de máficos. Já com os monzodioritos e dioritos ele é bem nítido, como indicado principalmente pela mudança de coloração.

A espessura dos veios varia de poucos centímetros até aproximadamente 100 m ou mais. Veios desse porte são encontrados na porção mais ao norte do maciço, onde ocorre a maior frente de lavra de pegmatóides.

3.5. Cataclasitos e agmatitos

Foram definidas duas pequenas ocorrências de rochas cataclásticas no interior do maciço, uma nas imediações das brechas do Lajeado e outra fazendo limite com as brechas da porção sul da intrusão. Nota-se que ambas ocorrem próximas a lineamentos de direção NE-SW cortando o corpo (Anexo) e junto às bordas das chaminés vulcânicas. São rochas de granulação grossa constituídas essencialmente de feldspato alcalino, bastante fraturadas e moderadamente alteradas. Seus limites com as demais litologias do maciço se mostram bruscos. Os afloramentos correspondem a grandes blocos angulosos, que aparecem em cristas ou em meia encosta.

Os agmatitos ocorrem nas bordas do maciço, no contato com as rochas encaixantes. Eles são bastante intemperizados em alguns pontos e reconhecidos em cortes de estrada; como material fresco afloram em meia encosta. As rochas acham-se intensamente fraturadas e têm como feição principal a presença de clastos angulosos em meio a uma matriz ígnea.

Foto 5 - Pedreira abandonada de sienito, localizada na estrada que liga Tuneiras a Água Clara, na porção SE do maciço.

Foto 6 - Pedreiras de extração de rochas pegmatóides (ornamentais) localizada na BR-476.

3.6. Brechas vulcânicas

Referidas pela primeira vez por TREIN et al. (1967) as brechas vulcânicas distribuem-se por todo o corpo alcalino de Tunas. São sete ocorrências distinguidas por foto aérea: quatro nas imediações da localidade de Lajeado, na parte NW do maciço; uma ao longo do Arroio Barro Vermelho, na sua porção central; uma próxima à confluência da BR-476 com a estrada que leva a Cerro Azul, junto à antena da rede de eletricidade de Tunas; e a última nas proximidades do lugarejo de Barro Vermelho, na porção centro-norte da intrusão. Para facilitar a descrição serão tratadas respectivamente como: Lajeado 1, 2, 3 e 4, Arroio Barro Vermelho, Antena e Barro Vermelho, conforme indicado na Figura 4.

As brechas cobrem aproximadamente 2 km² do maciço, ou seja, cerca de 10%, e afloram normalmente em meia encosta de morro ou em vales, nas cotas mais baixas do corpo, que dificilmente ultrapassam 950 m de altitude.

3.6.1. Lajeado 1

Consiste de um corpo alongado no sentido NW-SE, com cerca de 750 m de comprimento e largura passando de 50 a 250 m. As rochas, aflorando em meia encosta e em cortes de estrada, possuem moderada capa de alteração. Observam-se clastos de tamanhos variados, subarredondados a angulosos, de composições diversas, envolvidos por matriz muito fina de coloração cinza escuro.

Os clastos podem ser descritos como essenciais (fenocristais de feldspato), acessórios (sienitos e traquitos) e acidentais (mármore, serpentinitos, metabasitos).

As relações de contato desse corpo com as encaixantes não podem ser definidas uma vez que seus limites acham-se encobertos por solo.

Figura 4 - Esquema indicando a localização das ocorrências de brechas vulcânicas do maciço alcalino de Tunas.

3.6.2. Lajeado 2

As brechas desse corpo de pequenas dimensões (aproximadamente 370 m de comprimento por 100 m de largura), alongado segundo E-W, afloram em grandes lajes ao lado de um córrego na parte NW do maciço.

Ali, reconhecem-se brechas muito finas, onde a matriz confunde-se com os clastos, estes apenas caracterizados microscopicamente. As rochas possuem alteração intemperica incipiente e encontram-se moderadamente fraturadas, com as fraturas preenchidas por óxidos. Nota-se também a ocorrência de pequenas pontuações de sulfetos. As suas relações com as encaixantes não são definidas.

3.6.3. Lajeado 3

Essa ocorrência é formada por brechas de matriz muito fina, intensamente oxidada, envolvendo clastos de dimensões milimétricas a centimétricas. Eles se apresentam arredondados a angulosos e de composição variável (rochas alcalinas a material encaixante). Os afloramentos são em cortes de estrada, barrancos ou lajes, e estão moderadamente alterados.

Observa-se aqui nitido contato das brechas com os filitos da Formação Votuverava, com a presença marcante de uma borda de reação definida pela intensa recristalização e vitrificação dessas últimas rochas. Esse contato pode também ser observado nos clastos angulosos de filito que se acham presentes no interior da brecha.

A ocorrência de Lajeado 3 corresponde a um corpo arredondado de aproximadamente 300 m de diâmetro.

3.6.4. Lajeado 4

Aqui afloram rochas em blocos em meia encosta do morro, constituindo um corpo arredondado, ligeiramente alongado para NE, com aproximadamente 300 a 500 m de diâmetro, e situado entre as cotas 900 e 950 m.

Essas brechas distinguem-se das anteriores por possuírem clastos de brechas mais antigas e pelo fato da sua matriz não ser tão fina quanto a das demais. Seus contatos só são definidos por foto aérea, devido a um reflorestamento de "pinus" na área de sua ocorrência.

3.6.5. Arroio Barro Vermelho

As brechas do Arroio Barro Vermelho foram descritas por FUCK (1972) e HARA & SILVA (1982), não sendo contudo localizado o afloramento dessas rochas. Em foto aérea a mudança de relevo é visível e, dessa forma, pode-se determinar que formam um corpo alongado, com quase 1 km de comprimento e 200 m de espessura. FUCK (1972) descreveu o afloramento como constituído por pequenos blocos soltos de 0,5 a 3 m, onde não se observam as relações com as rochas vizinhas.

3.6.6. Antena

Essa é a maior ocorrência de brechas vulcânicas do maciço, correspondendo a um corpo alongado no sentido E-W, com cerca de 1 km de comprimento por 600 m de espessura, que ocorre entre 900 e 1500 m de altitude. Os afloramentos são abundantes, em cortes de estrada ou em meia encosta, e quase sempre na forma de grandes blocos arredondados. Essas rochas acham-se em contato com sienitos e sienitos alcalinos, além de filitos e metabasitos da Formação Votuverava. Contudo, esses limites só são definidos por foto aérea, face à espessa cobertura de solo.

Nota-se que essas brechas são constituídas por clastos milimétricos a centimétricos de composições variadas, angulosos a arredondados, dispostos em matriz afanítica. Eles se destacam prontamente em superfície em razão da sua maior resistência aos agentes intempéricos.

Nessa ocorrência vê-se também nitidamente o contato com as brechas cataclásticas, sendo os limites bastante bruscos, observados em perfil, ao longo de cortes de estrada.

3.6.7. Barro Vermelho

Próximo à localidade de Barro Vermelho ocorre um corpo alongado com aproximadamente 700 x 300 m, na zona de contato do maciço com os filitos da Formação Votuverava. Essas brechas possuem clastos angulosos, que variam de alguns milímetros até cerca de 50 cm de comprimento, de composição filítica. A presença de clastos menores, de rochas alcalinas, é subordinada; clastos arredondados de quartzito foram também reconhecidos.

Os afloramentos formam grandes blocos angulosos em meia encosta e cujos limites com as encaixantes não são visíveis devido à cobertura de solo.

3.7. Depósitos recentes

Cobrindo mais de 15% da área do maciço, os depósitos quaternários acham-se representados principalmente por aluviões que se dispõem ao longo do arroio Barro Vermelho e afluentes, bem como de outras pequenas drenagens que cortam o corpo, além de depósitos coluvionares. Estes consistem de grandes blocos de zionito, zionito alcalino, monzodiorito e diorito em matriz arenosa a argilosa. Os últimos de menor extensão ocorrem principalmente ao longo da drenagem paralela à BR-476 na parte centro-sul do maciço (Anexo).

IV. PETROGRAFIA

4.1. Metabasitos

Os metabasitos correspondem a rochas de granulação média, coloração cinza escuro com pontuações esbranquiçadas, levemente esverdeadas, e estrutura maciça; às vezes apresentam incipiente estiramento mineral. Possuem pouca alteração superficial, adquirindo então capa de alteração de cor castanho-amarelada.

Ao microscópio, compõem-se, sobretudo, de anfibólios (50-60%), de granulação variável de fina a grossa, incolores a levemente esverdeados com pleocroísmo fraco a inexistente, e definidos como sendo da série tremolita-actinolita. Os minerais formam agregados xenomórficos a hipidiomórficos, fibrosos e acham-se associados em pequenas proporções a anfibólios de coloração verde mais intensa, pleocróicos, caracterizando uma passagem para hornblenda.

Plagioclásios ocorrem em quantidades menores (15-20%) e estão representados por uma andesina-labradorita, intensamente saussuritizada, aparecendo, às vezes, apenas pseudomorfos desses minerais. São xenomórficos a hipidiomórficos, de hábito tabular, além de geminados polissinteticamente e segundo Carlsbad. Reconhecem-se também pequenos veios onde o mineral encontra-se melhor preservado, formando grãos praticamente límpidos.

Diopsídio (?), como indicado a partir de dados ópticos, aparece como cristais xenomórficos em quantidade subordinada, e em associação com os anfibólios.

Nessas rochas são ainda visíveis agregados finos granulares de zoisita-epidoto, muitas vezes substituindo o plagioclásio; clorita xenomórfica esverdeada; um mineral verde, isotrópico, formando agregados granulares (granada?); além de minerais opacos.

Quartzo ocorre como cristais intersticiais, xenomórficos, de granulação fina.

Aparentemente os metabasitos foram afetados pela intrusão sienítica não apresentando, assim, foliação ou orientação mineral, feições estas características das metabásicas que ocorrem fora do maciço.

4.2. Rochas alcalinas

4.2.1. Monzogabros e gabros

Poucas amostras desses tipos petrográficos foram coletadas devido à sua ocorrência restrita e falta de afloramentos. Apenas duas secções foram estudadas, uma referente ao ponto TU-1 (Anexo), onde verifica-se a presença de monzogabros em contato com monzodioritos, e a outra (TU-52) correspondente a bloco encontrado próximo à Hidrelétrica de Tunas, na porção nordeste do maciço.

São rochas mesocráticas de coloração cinza escuro, granulção média a grossa, estrutura maciça, e constituídas por ripas de plagioclásio esbranquiçado e material máfico (biotita e piroxênio), aparentemente na mesma proporção. Apresentam-se moderada e intensamente intemperizadas, quando então adquirem coloração amarelada ou esbranquiçada.

Microscopicamente, foram divididas em monzogabros e gabros, pela maior ou menor presença, respectivamente, de feldspato alcalino. No ponto TU-1 tem-se um monzogabro, enquanto que no TU-52, um gabro. As rochas são compostas de plagioclásio em ripas hipidiomórficas a cristais xenomórficos, de composição em geral labradorítica, e com típica geminação polissintética; em muitos cristais, geminação complexa, combinando a lei da albita com Carlsbad, e também reconhecida. Os grãos são comumente zonados, com a composição tornando-se mais sódica do centro para as bordas. Alteração é incipiente e indicada pela existência de finos agregados de zoisita (?), sericita e carbonato (saussuritização).

O feldspato alcalino é xenomórfico, intersticial e ocorre em quantidades subordinadas. Apresenta-se normalmente pouco alterado com zoneamento de difícil caracterização composicional. Os cristais acham-se fraturados e contêm inclusões de apatita e piroxênio.

Piroxênios ocorrem em pequena quantidade e estão representados por minerais xenomórficos de pequenas dimensões e coloração rosada, ou então, por finos agregados aciculares esverdeados, com forte pleocroísmo. Os primeiros foram definidos como correspondendo a uma augita e os últimos, de composição provavelmente

mais sódica e de cristalização tardia, podendo chegar, por suas características ópticas, até egirina.

Em geral os piroxênios associam-se a minerais opacos e biotita. Quando alterados, transformam-se em anfibólio esverdeado (actinolita) ou em biotita, como na amostra TU-52.

Biotitas ocorrem em maior quantidade que os piroxênios. A granulação é fina a grossa e a coloração castanho-amarelado nos prismas e avermelhada nas secções basais. O mineral é poiquilitico, envolvendo a maioria das outras fases, e forma cristais hiplidiomórficos a xenomórficos, com incipiente cloritização, como observado na amostra TU-52.

Os anfibólios aparecem em pequenas concentrações, formando agregados fibrosos associados aos piroxênios, no caso da actinolita, ou como minerais azulados, xenomórficos, definidos por FÜCK (1972) como sendo kaersutita passando a hornblenda e por GOMES et al. (1987) apenas como kaersutita.

Na amostra TU-1 registra-se também a presença de olivina de composição faialítica e coloração rosada, na forma de cristais arredondados, xenomórficos, bastante fraturados e com alteração para iddingsita.

O principal acessório dessas rochas é a apatita. Ela é idiomórfica, em secções hexagonais, e ocorre como inclusão na maioria dos minerais.

Opacos foram caracterizados como magnetita, com textura esquelética, ou hidróxidos de ferro de coloração amarelada.

Verifica-se ainda a presença restrita de serpentina na forma de agregados fibrosos e provavelmente originada da alteração de piroxênios ou de olivina.

4.2.2. Monzodioritos e dioritos

Os monzodioritos e dioritos são rochas que predominam na porção oeste do maciço, ao longo do arroio Barro Vermelho e seus afluentes e à esquerda da BR-476 (Anexo). Diferenciam-se entre si pela maior ou menor presença de feldspato alcalino. Das demais li-

tologias do maciço destacam-se pela sua coloração esbranquiçada e ocorrência de grande quantidade de biotita de tamanho centimétrico. As rochas são inequigranulares, de granulação média a grossa, estrutura maciça e com pouca alteração superficial; quando alteradas, adquirem cor acastanhada.

Na pedreira correspondente ao ponto TU-1 (Anexo), verifica-se o contato brusco dessas rochas com veios pegmatóides constituídos essencialmente de feldspato. Observa-se também a existência de xenólitos angulosos, consistindo principalmente de material máfico, e xenólitos arredondados, de grandes dimensões e composição quartzosa (Fotos 7 e 8).

Ao microscópio nota-se a predominância de plagioclásios em todas as amostras examinadas, com variação de 70 % (monzodioritos) até 90% (dioritos) em relação aos feldspatos. O mineral exibe hábito tabular, é hipidiomórfico e ocorre como fenocristais de composição andesítica e zoneamento normal.

Encontra-se incipiente a moderadamente alterado, saussuritizado, passando a finos agregados de zoisita (?), sericita e carbonatos. Geminação polissintética é freqüente, aparecendo em muitos cristais combinada com a Carlsbad.

Segundo FUCK (1972), observa-se a formação de borda ou "bainha" de feldspato potássico envolvendo os grãos de plagioclásio, ou ainda nos cristais maiores de andesina a presença de fraturas preenchidas por esse mineral.

Quando presentes na matriz os plagioclásios são xenomórficos, de pequenas dimensões e com moderada saussuritização. De maneira geral possuem muitas inclusões, principalmente de apatita e biotita.

O feldspato alcalino acha-se representado por cristais finos a médios e raramente como fenocristais (ortoclásio, conforme FUCK, 1972); o mineral é xenomórfico, intensamente zonado, passando a plagioclásio no centro. Juntamente com os plagioclásios mais finos formam a matriz dessas rochas. Ele mostra-se moderadamente alterado com passagem para argilo-minerais, além de incipientemente fraturado. Geminação Carlsbad, simples está presente; apresenta intercrescimento do tipo pertítico a criptopertítico. Como os plagioclásios contém também muitas inclusões de apatita e biotita;

Foto 7 - Xenólito de quartzito envolvido por monzodiorito, que aparece no canto inferior esquerdo da foto e na parte superior.

Foto 8 - Detalhe da foto anterior.

ocasionalmente pequenas inclusões de andesina podem também estar presentes.

Os minerais máficos consistem principalmente de grandes lamelas de biotita e pequenas quantidades de piroxênio e anfibólio; olivina é subordinada.

Biotitas ocorrem em volumes variando de 10% até 40% da rocha total, caso da amostra TU-2 (Anexo). Elas possuem coloração esverdeada, parda ou avermelhada, intenso pleocroísmo nas secções prismáticas, e mostram-se quase opacas nos cortes basais. Normalmente estão associadas a piroxênios, envolvendo-os, ou a opacos. O mineral contém grande quantidade de inclusões, principalmente de apatita, zircão e feldspatos, e exibe por vezes textura esqueletica. Inclusões aciculares de rutilo, formando triângulos equiláteros no interior das lamelas, acham-se também presentes. Duas gerações de biotita, uma mais grosseira, hipidiomórfica, e outra mais fina, xenomórfica, representando provavelmente um produto de alteração de piroxênios, foram reconhecidas.

Os piroxênios são de granulação fina a média, hábito xenomórfico, coloração rosada a amarelada, com pleocroísmo fraco a inexistente, ou ainda, esverdeada com pleocroísmo moderado. Eles ocorrem na forma de agregados finos aciculares, intercalados aos feldspatos, em todas as amostras analisadas. Apresentam-se moderada a intensamente alterados, passando a biotitas ou anfibólios (?) nas bordas. Por suas características ópticas podem ser definidos como sendo de composição predominantemente augítica; com base em análises de microsonda (GOMES et al, 1987), esses minerais caem no campo da salita.

Anfibólios foram identificados em poucas amostras, exibindo sempre coloração esverdeada; os minerais são xenomórficos, quando nas bordas de cristais de piroxênio, ou então, hipidiomórficos, de coloração esverdeada a castanha com pleocroísmo intenso, na forma de finos agregados. FUCK (1972) define o primeiro tipo como sendo actinolita e o segundo como hornblenda.

Olivina foi reconhecida apenas na amostra TU-2 (Anexo), aparecendo como cristais xenomórficos arredondados, bastante fraturados e alterados para serpentina. O mineral mostra coloração esverdeada e caráter biaxial negativo, sendo caracterizado como

faialita.

Embora FUCK (1972) tenha encontrado quartzo ou nefelina nos dioritos, esses minerais não foram observados nas secções examinadas.

Como acessório merecem citação apatita idiomórfica, em geral na forma de inclusões, e zircão; este identificado em poucas amostras e incluso em biotitas, com formação de halos pleocróicos.

Carbonatos, principalmente como produtos de alteração de plagioclásios, ocorrem associados a zoisita (?) e sericita.

Minerais opacos estão presentes em todas as amostras analisadas, aparecendo junto a biotitas e/ou piroxênios. Caracterizam-se, às vezes como inclusões aciculares de rutilo em biotita, ou ainda como magnetita com típica textura esqueletal.

4.2.3. Sienitos e sienitos alcalinos

As rochas sieníticas representam a principal litologia do maciço, sendo ainda de grande interesse econômico na região. São rochas maciças, de grande beleza quando na cor verde, utilizadas na construção civil para fins de ornamentação. Quando portadoras de mais de 95% de feldspato alcalino são ditas sienitos alcalinos conforme STREICKSEN (1976).

Os sienitos possuem cores passando do verde (ornamental) até o esbranquiçado ou amarelado. A granulação varia de média a grossa e a estrutura é em geral maciça. Comumente apresentam capa de alteração superficial, de poucos milímetros até alguns metros de espessura, com marcante decomposição esferoidal. A tonalidade de cor é função do grau de alteração, sendo as rochas amareladas, esbranquiçadas ou mesmo avermelhadas quanto maior for a capa de intemperismo. Os sienitos verdes são mais comuns na parte central do maciço, principalmente ao longo da BR-476, onde se encontram as maiores frentes de lavra, e as variedades esbranquiçadas predominam na porção SE, junto a pedreiras abandonadas.

Macroscopicamente, são rochas constituídas essencialmente de feldspato alcalino em ripas hipidiomórficas, com pequenas

pontuações de biotita e piroxênio, formando às vezes finos agregados. Na pedreira localizada no ponto TU-11 (Anexo), observa-se a presença de cavidades miarolíticas preenchidas com quartzo prismático idiomórfico, incolor, associado a cristais, também bem formados de anfíbólio preto (Foto 9). Nota-se também a ocorrência de pequenas concentrações de sulfetos, além de pequenos cristais tabulares de feldspato, semelhantes a clevelandita (Foto 10).

Ao microscópio, elas contêm aproximadamente de 80 a 100% de feldspato alcalino, que, em muitas amostras, parece ter-se cristalizado em duas fases: uma mais grosseira, definida por fenocristais xenomórficos a hipidiomórficos, geralmente tabulares, com marcante geminação Carlsbad; uma segunda, representada por cristais mais finos, xenomórficos, intersticiais à primeira, também com marcante geminação Carlsbad, e ocasionalmente associada a minerais máficos.

De maneira geral, os cristais de feldspato alcalino exibem fraturamento incipiente a intenso e acham-se moderadamente alterados, com grande quantidade de argilo-minerais. Segundo FUCK (1972), elas possuem aspecto "sujo", dado pela presença de inclusões de fina poeira hematítica (Foto 11).

Segundo ULBRICH (1984), não se pode caracterizar estruturalmente o feldspato alcalino (microclínio, sanidina, ortoclásio, etc.) a não ser por minucioso estudo de raios X. Nas rochas em questão, FUCK (1972) define-os como ortoclásio, enquanto que GOMES et al. (1987), a partir de análises com microsonda eletrônica, caracterizam esses minerais enriquecidos no componente potássico e apresentando larga variação composicional = Or 98-66 em sienitos e Or 41-34 em sienitos alcalinos. Opticamente, eles possuem ângulo de extinção próximo de 18° , caráter biaxial (+) ou (-) e geminação "quadrilê" típica, além de geminação Carlsbad. Em grande parte das amostras verifica-se a presença de pertitas ou criptopertitas, principalmente junto aos grãos maiores. Zoneamento é raro.

Um aspecto marcante em muitos sienitos é a cristalização do feldspato formando junções triplices, com o centro dos cristais ocupado por quartzo, carbonato ou piroxênio, de contorno triangular (Foto 11).

Foto 9 - Detalhe de uma cavidade miarolítica em sienito, mostrando a ocorrência de anfibólios pretos bem cristalizados. Escala em mm.

Foto 10 - Cavidade miarolítica em sienito preenchida com feldspatos brancos tabulares (ao centro) e anfibólios. Escala em mm.

Plagioclásios ocorrem em quantidade subordinada nas rochas sieníticas. A composição varia de albita a oligoclásio, podendo chegar até andesina, caso da amostra TU-4a (ponto 4 no mapa em anexo). Os cristais são geralmente xenomórficos, intensamente alterados e fraturados de difícil caracterização óptica. O mineral está também presente na forma de pertitas.

Os piroxênios aparecem em quase todas as amostras coletadas. Os minerais são em geral xenomórficos a idiomórficos em secções basais, com 6 ou 8 lados, de coloração variável (incolor a verde claro ou castanho claro) e com fraco pleocroísmo nas variedades coloridas. A granulação é fina a média com os cristais menores exibindo em algumas lâminas hábito acicular, fibrorradiado (Foto 12). Ocorrem às vezes em íntima associação com biotita e anfibólio ou fases opacas, na forma de finos agregados de difícil caracterização. Por suas características ópticas podem ser definidos como de possível composição augítica a egirina-augítica (2V amplo, biaxiais negativos ou positivos, extinção entre 10 e 40°), comparando-se com os dados fornecidos em DEER et al. (1961). FÜCK (1972) classifica-os como diopsídio ou augita-diopsídica, GOMES et al. (1987) com base em análises químicas por microsonda, coloca-os no campo da salita no diagrama Ca-Mg-Fe²⁺ + Fe³⁺ + Mn.

Esses minerais apresentam-se comumente zonados, com variação de cor do centro para as bordas dos cristais (respectivamente, incolor a verde), além de alterados perifericamente para biotita ou anfibólio.

Biotitas são também frequentes nas rochas sieníticas, aparecendo em quantidades subordinadas, desde traços (<1%) até aproximadamente 10%. Os cristais variam de xenomórficos a hipidiomórficos e a coloração de castanho claro a esverdeado em secções prismáticas até grandes lamelas avermelhadas em cortes basais. Ocorrem juntamente com minerais opacos, sendo bordejadas por estes (Foto 13), ou incluindo-os. As inclusões são aciculares, com os grãos dispostos de maneira triangular e formando ângulos de 60° (Foto 14). Estão também associados a piroxênios e anfibólios, como produto de alteração desses minerais. Textura esquelética foi reconhecida em algumas secções, onde a biotita engloba pequenos cristais de feldspato alcalino.

Foto 11 - Feldspato alcalino em sienito coberto por fina poeira hematítica e formando junção triplice, com quartzo ao centro. Pol $\perp$, sem filtro.

Foto 12 - Piroxênio de hábito acicular, fibrorradiado, em meio a feldspato em amostra de sienito. Pol $\parallel$, filtro verde.

Foto 13 - Cristal de biotita passando a opacos nas bordas em sienito. Pol//, sem filtro.

Foto 14 - Cristal de biotita com inclusão acicular de rutilo em sienito. Pol//, filtro verde.

Análises de microsonda realizadas por GOMES et al. (1987) indicam composições no campo da ferrobiotita e presença subordinada de lepidomelanas, além de alto teor em titânio (Ti-biotitas).

Anfibólios foram observados em poucas amostras e mesmo assim em pequenas concentrações. Os cristais são hipidiomórficos, de coloração verde claro a escuro, castanho ou levemente azulada, sempre com pleocroísmo intenso. Com base nas propriedades ópticas e em conformidade com DEER et al. (1961), as variedades verdes ou castanhas podem ser definidas como hornblenda, as azuladas como riebeckita e as mais amareladas como richterita. FUCK (1972) classificou-os como hornblenda hastingsitica, barkevikita e arfvedsonita. Já GOMES et al. (1987), valendo-se de dados químicos, sugerem composição predominantemente pargasitica, além da ocorrência subordinada de kaersutita e kataforita.

Os anfibólios mostram-se dispersos na rocha ou como produtos de alteração de piroxênios. Em alguns casos apresentam textura esquelética, envolvendo finos cristais de feldspato e/ou piroxênio.

Cristais de olivina foram identificados em apenas duas amostras, TU-20 e TU-36 (Anexo). O mineral é xenomórfico, de granulação média a grosseira e de natureza fialítica, alterado, estando os grãos completamente envolvidos por iddingsita de coloração amarelada a alaranjada.

Feldspatóides, presentes em poucas amostras, encontram-se representados por nefelina e sodalita. Ocorrem em pequena quantidade e de tamanho reduzido, o que dificulta bastante a sua caracterização. A nefelina é idiomórfica, em cristais quadrados, e a sodalita apresenta-se xenomórfica, associada aos feldspatos. Quando presentes em maiores concentrações, próximas a 5%, permitem caracterizar, segundo FUCK (1972), essas rochas como pulasquitos.

Quartzo foi reconhecido nas secções TU-10, TU-11, TU-26, TU-33, TU-34 e TU-38. O mineral é sempre xenomórfico, intersticial, e ocorre preenchendo fraturas ou unindo junções triplices entre feldspatos.

Como acessórios aparecem apatita e zircão, frequentemente como inclusões em feldspatos ou biotitas. A apatita ocorre em

maior quantidade, chegando até 5%, como na amostra TU-12. Os cristais são aciculares, hexagonais ou xenomórficos, de relevo elevado e pequena dimensão.

Minerais opacos estão presentes em todas as secções analisadas, em geral ligados a piroxénios e biotitas. Possuem hábito acicular quando inclusos em biotitas, sendo definidos como rutilo, ou textura esquelética, característica de magnetita. FUCHS (1972) descreveu ainda cristais de hematita relacionados com os feldspatos. GOMES et al. (1987) caracterizaram também óxidos de Ti e Mn (ilmenitas).

Minerais de alteração (serpentina, clorita, sericita) foram encontrados em várias amostras, sendo os dois primeiros derivados de piroxénios e o último de feldspatos, todos de difícil caracterização devido ao tamanho reduzido. Além disso, observou-se também a presença ocasional de iddingsita, de coloração amarelo-alaranjada, associada ou não à olivina.

Nas rochas sieníticas verificou-se ainda a ocorrência de carbonato intersticial, xenomórfico, preenchendo fraturas ou cavidades entre os feldspatos.

4.3. Diques alcalinos

4.3.1. Traquitos

Formam pequenos corpos cortando principalmente rochas sieníticas (Foto 15) e, em menor quantidade, monzodioríticas e dioríticas. São diques de espessura centimétrica, coloração cinza claro a cinza-esverdeado e granulação fina. A textura é tipicamente traquítica, definida pela orientação de feldspatos alcalinos ripiformes.

Foram examinadas duas lâminas delgadas de amostras do ponto TU-11, onde se encontram as melhores exposições dessas rochas, em contato com os sienitos. Os traquitos consistem essencialmente de feldspato alcalino ripiforme, com orientação marcante, caracterizando uma estrutura de fluxo paralela ao contato com a encaixante sienítica. Os feldspatos possuem geminação Carlsbad em poucos cristais, sendo a maioria não geminada. Eles são hipi-

diomórficos a xenomórficos, de granulação fina a média, e, mais raramente, formam fenocristais. Os cristais apresentam-se moderada a incipientemente alterados, com transformação em argilo-minerais, além de fraturados, sendo as fraturas preenchidas por hidróxidos de ferro. O mineral exibe também intercrescimento micropertítico a pertítico, com finas lamelas de plagioclásio (albita). Os plagioclásios, ao lado de estarem presentes nas pertitas, aparecem também na forma de pequenos grãos, xenomórficos, bastante alterados (argilo-minerais) e geminados polissinteticamente segundo a lei da albita.

Os minerais máficos ocorrem em pequena quantidade e são representados principalmente por piroxênios e, em proporções subordinadas, anfibólios. Os piroxênios possuem granulação fina, coloração verde bastante intensa e forte pleocroísmo, por verde-amarelado; a extinção (XAc) varia entre 10 e 20° e 2V (-) situa-se em torno de 85°, que permite definir o mineral como sendo uma esfirina-augita, segundo DEER et al. (1981). Por vezes alteram-se para um anfibólio verde-acastanhado (hornblenda) nas bordas. Nota-se ainda uma maior concentração de finos agregados de piroxênio no contato dessas rochas com a encaixante sienítica.

Acessórios são pouco comuns, aparecendo na forma de finas agulhas de apatita inclusas em feldspatos, ou como opacos de ocorrência, seja junto aos piroxênios, seja isolados na matriz.

4.3.2. Microssienitos

Os microssienitos diferenciam-se dos traquitos principalmente por possuírem estrutura maciça. A granulação é fina e a coloração cinza claro.

Microscopicamente, verifica-se a presença de feldspato alcalino caracterizando duas fases distintas de geração: uma mais grosseira, hipidiomórfica a xenomórfica, na forma de fenocristais e outra, fina, xenomórfica, constituindo a matriz da rocha. Ambas mostram-se muito alteradas, passando a argilo-minerais e com grande quantidade de minerais opacos muito finos, que dão aspecto "sujo" aos cristais. Observam-se poucos minerais geminados segundo

Carlsbad, sendo a maioria sem geminação.

Plagioclásios, de composição oligoclásio, ocorrem subordinadamente como pequenos fenocristais hipidiomórficos, com típica geminação polissintética. Exibem evidência de alteração com passagem para agregados finos de sericita, zoisita e carbonato.

Como principal mineral máfico tem-se biotita, na forma de fenocristais ou como integrante da matriz. O mineral é hipidiomórfico e de coloração castanho escuro com forte pleocroísmo. Ocorre associado a opacos, com estes ocupando principalmente as suas clivagens.

Os piroxênios acham-se representados por uma augita castanho claro a verde claro em pequenos agregados xenomórficos presentes na matriz.

Em quantidade subordinada nota-se a presença de hornblenda castanho, com intenso pleocroísmo esverdeado, como fenocristais hipidiomórficos que se alteram para biotita e opacos. FUCH (1972) caracterizou-a como uma hornblenda hastingsítica.

O acessório mais comum dessas rochas é a apatita, que ocorre na matriz ou como inclusão nos fenocristais de feldspato.

4.3.3. Bostonitos

Essas rochas têm como característica marcante a textura bostonítica definida pela presença de cristais ripiformes de feldspato alcalino com distribuição radial. A coloração é cinza-esverdeado e a granulação fina, com fenocristais de feldspato alcalino branco em matriz muito fina. Esses encontram-se alterados nas bordas quando adquirem coloração castanho. Foi constatada apenas uma ocorrência dessas rochas, na forma de dique de pequena espessura encaixado em material sienítico e aflorando nas proximidades das brechas da Antena.

Ao microscópio, verifica-se a existência de duas gerações de feldspato alcalino: uma grossa, hipidiomórfica e outra mais fina, constituindo a matriz da rocha com os cristais arranjados em típica textura bostonítica. Ambas apresentam intensa alteração para argilo-minerais e opacos. Do ponto de vista volume,

eles perfazem cerca de 85% da rocha.

Plagioclásios, de natureza oligoclásio, representam cerca de 5% da rocha. O mineral é tabular e ocorre na matriz associado ao feldspato alcalino.

Minerais máficos aparecem em quantidades subordinadas, tendo sido reconhecidos: hornblenda verde, xenomórfica e de granulação muito fina, alterando-se para opacos, além de biotita hipidiomórfica de granulação fina, cor castanho-amarelado, associada a opacos e augita, na forma de agregados finos, xenomórficos e incolores. Verifica-se ainda a presença de clorita anédrica, esverdeada, quase isotropa.

Os opacos ocorrem geralmente formando fina "poeira" sobre os feldspatos ou preenchendo fraturas; mais raramente aparecem isolados entre os cristais de feldspato.

Como acessórios foram reconhecidos zircão incluso em feldspatos e um mineral lilás, isotropo, definido como fluorita.

4.4. Veios pegmatóides

Rochas pegmatóides são caracterizadas por veios de grandes dimensões, que cortam tanto as variedades sieníticas, quanto os monzodioritos e dioritos. Elas possuem coloração cinza-esbranquiçada, textura inequigranular e são constituídas principalmente de feldspato alcalino. Este acha-se presente como cristais brancos, idiomórficos a hipidiomórficos tabulares, com tamanho variando de alguns milímetros até dezenas de centímetros.

Os feldspatos possuem marcante geminação Carlsbad, observada mesmo a nível de afloramento (Foto 16).

Macroscopicamente, verifica-se também a ocorrência de biotita, em lamelas que variam de 1-5 cm aproximadamente, em meio à massa feldspática.

Cristais menores, de anfibólio, aparecem associados à biotita. O mineral é idiomórfico e, muito possivelmente corresponde a uma hornblenda.

Em pequenas fraturas identificou-se também a presença de rutilo em agulhas, formando agregados aleatórios de cor preta.

Foto 15 - Pequeno dique de traquito cortando rochas sieníticas.

Foto 16 - Detalhe de zona pegmatóide caracterizada pela presença de feldspatos geminados, biotitas e anfibólios associados.

As rochas acham-se pouco alteradas, reconhecendo-se uma fina capa superficial de coloração amarelada.

4.5. Cataclasitos e agmatitos

Segundo a classificação de ULBRICH (1986) para as brechas plutônicas, cataclasitos são rochas encontradas no contato de corpos intrusivos, trituradas, e exibindo pouca ou nenhuma recristalização. Por outro lado, agmatitos correspondem a rochas apresentando mais de 25% de clastos do material encaixante, envolvidos por matriz plutônica. No maciço de Tunas afloram esses dois tipos de litologias. Os cataclasitos ocorrem nas bordas dos corpos de brechas vulcânicas ou próximos a lineamentos (Anexo). São rochas esbranquiçadas, de granulação grossa e compostas essencialmente de feldspato alcalino tabular. Apresentam-se intensamente fraturadas, com fraturas de direções diversas preenchidas por hidróxidos de ferro (Foto 17).

Ao microscópio, observa-se que o feldspato alcalino é hipidiomórfico, com os cristais, tabulares, atingindo até 2 cm de comprimento. Geminação Carlsbad acha-se presente, o mesmo sucedendo com intercrescimento peritítico. Os minerais mostram intensa alteração para argilo-minerais, além da presença de finos agregados de opacos que conferem um aspecto "sujo" aos cristais.

Plagioclásio de natureza albita, ocorre em pequena quantidade. Apresentam-se como grandes cristais tabulares hipidiomórficos, alterados para argilo-minerais, exibindo geminação polisintética característica.

Os minerais máficos formam finos agregados consistindo de biotita, piroxênio e anfibólio. As biotitas são de cor castanho-amarelado a avermelhado, hipidiomórficas, e com lamelas encurvadas. Os piroxênios correspondem a uma augita verde claro, presente como cristais xenomórficos, alterados perifericamente a anfibólios. Estes estão representados por dois tipos: hornblenda verde-acastanhado, com forte pleocroísmo, possivelmente proveniente da alteração dos piroxênios, e riebeckita verde-azulada em agregados fibrosos, associada a óxidos.

Opacos aparecem por toda a rocha, seja isolados como grãos associados aos minerais máficos, seja recobrando os cristais de feldspato. Os óxidos formam cristais hipidiomórficos de coloração amarelada (anatásio, com base em DEER et al., 1981), enquanto que os hidróxidos acham-se confinados a zonas de fraturas da rocha, ou ainda, ocupam os interstícios dos cristais de feldspatos.

Os agmatitos ocorrem nos contatos do maciço com as rochas metassedimentares encaixantes e se mostram constituídos de grandes clastos angulosos de filito ou quartzito em meio a matriz sienítica ou monzodiorítica. Na Foto 18 observa-se a ocorrência de fragmentos de filito, cujo posicionamento é controlado pelos planos de fraturamento do sienito, e a presença de fraturas preenchidas por limonita. Ambas as litologias encontram-se completamente intemperizadas, sendo o sienito de coloração avermelhada típica, de todo o maciço, e o filito, esbranquiçada, com foliação marcante. Os clastos têm de 20 a 50 cm de comprimento.

Nas Fotos 7 e 8 vê-se a presença de clasto de quartzito com foliação marcante em meio ao monzodiorito.

4.6. Brechas vulcânicas

4.6.1. Lajeado 1

As brechas de Lajeado 1 correspondem a rochas de matriz muito fina, onde é possível distinguir-se dois tipos: uma mais escura, afanítica e outra de coloração clara, granulação fina e textura traquítica (Fotos 19 e 20). Ambas envolvendo clastos de dimensões variáveis, milimétrica a centimétrica (com até cerca de 6 cm de comprimento). Os clastos são angulosos a arredondados com predominância dos subangulosos, tabulares a equidimensionais, e de difícil caracterização macroscópica, podendo corresponder, às vezes, a sienitos ou biotititos. Essas rochas possuem moderada capa de alteração, quando então adquirem coloração castanha, e acham-se incipientemente fraturadas, com as fraturas preenchidas por hidróxidos.

Foto 17 - Afloramento de cataclasito, constituído essencialmente de feldspato alcalino. Note-se o intenso fraturamento da rocha, com percolação de hidróxidos de ferro ao longo das fraturas.

Foto 18 - Afloramento de agmatito, bastante alterado, mostrando clastos esbranquiçados de filito, cuja posição está condicionada por fraturas preenchidas por limonita, envolvidos por sienito avermelhado.

Foto 19 - Brecha de Lajeado 1 mostrando clastos tabulares e equidimensionais em matriz muito fina, afanítica, cinza escuro. Escala em cm.

Foto 20 - Brecha de Lajeado 1 mostrando clastos milimétricos a centimétricos em matriz cinza clara, traquítica. Escala em cm.

Microscopicamente, essas brechas apresentam matriz variando de criptocristalina maciça a fina, constituída de agregados muito finos de piroxênio xenomórfico e feldspato alcalino, associados à percolação de óxidos e de difícil identificação, devido ao tamanho diminuto dos cristais, e textura traquitica. Onde a matriz exibe granulação pouco mais grossa, é possível observar-se: cristais de plagioclásio, definido como albita hipidiomórfica; feldspato alcalino intersticial ou como fenocristais xenomórficos, sericitizados; biotita xenomórfica a hipidiomórfica de coloração castanho, além de agregados aciculares de piroxênio verde, que ocorre, às vezes, como inclusões em fenocristais de feldspato. Quando a matriz é mais fina, verifica-se a existência de grande quantidade de material isotrópico intersticial, definido como vidro vulcânico (Foto 21). Independente da granulação da matriz, nota-se a presença de apatita idiomórfica como principal acessório. Minerais opacos e originários da percolação de óxidos em fraturas são visíveis em todas as amostras analisadas, além de quantidade considerável de argilo-minerais.

Torna-se difícil determinar a porcentagem aproximada de cada mineral nessas rochas, em razão deles estarem sempre formando agregados muito finos. Porém, pode-se dizer que feldspato alcalino e piroxênios ocorrem em maior proporção, aparecendo em menor quantidade, plagioclásio, biotita e opacos.

Subordinadamente são descritos cristais hipidiomórficos de nefelina, muito fina, nas amostras TU-17 e TU-18 (Anexo).

Como clastos reconhecem-se traquitos, microssienitos e sienitos, além de metabasitos, piroxenitos, serpentinitos, biotititos e mármore. Fenocristais de feldspato e de biotita são também comuns, caracterizando assim os clastos essenciais. Os clastos de rochas constituintes do maciço são definidos como acessórios, enquanto que os referentes ao material encaixante são ditos acidentais.

Os clastos de traquito possuem dimensão variável, milimétrica a centimétrica, e se mostram arredondados a subangulosos, tabulares a equidimensionais, além de constituídos essencialmente de albita ripiforme, em típica estrutura de fluxo e moderadamente saussuritizada, e, em menor quantidade, de finos agregados de pi-

roxênio xenomórfico (Foto 22). Nas brechas de matriz mais fina os limites entre os traquitos e a matriz são bastante nítidos, enquanto que nas de matriz traquitica eles se tornam indefinidos.

Os microssienitos formam clastos pequenos, subarredondados, consistindo de feldspato alcalino xenomórfico, piroxênios e, subordinadamente, carbonatos. São em geral equidimensionais.

Sienitos acham-se representados por clastos maiores, subarredondados, equidimensionais, centimétricos, compostos de feldspato alcalino xenomórfico e pequenas concentrações de minerais máficos (augita, biotita, hornblenda e, raramente, olivina). Como acessórios ocorrem apatita e zircão. Esses clastos apresentam-se fraturados, com as fraturas preenchidas por vidro vulcânico.

Como metabasitos são definidos clastos subangulosos a subarredondados, centimétricos, formados de tremolita-actinolita e feldspato alcalino intersticial, além de clorita e opacos. Possuem estrutura maciça devido à recristalização.

Os piroxenitos correspondem a clastos equidimensionais arredondados, contendo quase que em sua totalidade augita e, subordinadamente, feldspato (?), biotita, opacos; como acessório aparece apatita. Esses clastos encontram-se completamente envolvidos por minerais opacos.

Biotititos representam clastos tabulares a equidimensionais, milimétricos, subarredondados, compostos essencialmente de biotita xenomórfica a hipidiomórfica, e envolvidos por minerais opacos. A granulação varia de muito fina a média e a coloração de castanho a verde. Possuem estrutura maciça.

Serpentinitos foram observados apenas nas amostras do ponto TU-44 (Anexo) e caracterizam-se por serem lenticulares, subarredondados, e conterem 100% de serpentina maciça.

Apenas um clasto de mármore foi descrito (TU-45). Ele é alongado, subarredondado, de tamanho milimétrico e constituído de carbonatos e opacos, com inclusões de piroxênio e feldspato alcalino.

Os fenocristais de feldspato e biotita são definidos como sendo clastos em virtude de suas dimensões relativamente maiores quando comparadas às dos minerais da matriz. Os feldspatos são

Foto 21 - Brecha de Lajeado 1 mostrando matriz fina, maciça e vidro vulcânico, envolvendo clastos essenciais de composição feldspática. Pol $\perp$, sem filtro.

Foto 22 - Clasto de traquito em brecha de Lajeado 1. Pol $\perp$, sem filtro.

idiomórficos a hipidiomórficos, de natureza alcalina, ou correspondendo a plagioclásios (albita) incipientemente saussuritizados e com muitas inclusões de piroxênio. As biotitas são xenomórficas a hipidiomórficas, de coloração castanho a castanho-avermelhado, com inclusões aciculares de rutilo e de apatita.

As brechas de Lajeado 1 são classificadas, segundo ULBRICH (1986), como polimícticas, com clastos de composições diversas e textura suportada por matriz. Os clastos apresentam-se totalmente envolvidos por matriz.

4.6.2. Lajeado 2

As brechas de Lajeado 2 distinguem-se das de Lajeado 1, apesar de ocorrerem em pontos muito próximos, por exibirem coloração mais clara e maior dificuldade para individualização dos clastos em amostras de mão, bem como pelo fato de serem mais ricas em carbonatos.

São rochas de granulação muito fina, coloração cinza claro esverdeado, cortadas por fraturas preenchidas por óxidos e com incipiente a moderada alteração superficial, formando capa castanho-amarelada (Foto 23). Nota-se aqui a ocorrência de pequenas pontuações de sulfetos (pirita) melhor cristalizados.

A matriz, observada ao microscópio, é de granulação fina a média e constituída de albita, xenomórfica a hipidiomórfica, às vezes ripiforme, incipientemente orientada em estrutura de fluxo. Adicionalmente, contém feldspato alcalino xenomórfico a hipidiomórfico, intersticial ao plagioclásio e, ao contrário das brechas de Lajeado 1, possui cerca de 30% de carbonatos, na forma de agregados muito finos ou preenchendo fraturas (Foto 24). Essas rochas apresentam, ainda, grande quantidade de opacos e óxidos percolados e, como acessórios, cristais idiomórficos de apatita. Observa-se também alta porcentagem de argilo-minerais que dão aspecto "sujo" à matriz.

Os clastos são principalmente de tipo essencial (fenocristais de feldspato), ocorrendo, no entanto, clastos acessórios

Foto 23 - Brecha de Lajeado 2 com matriz cinza claro envolvendo clastos pouco definidos e com alteração acastanhada. Escala em cm.

Foto 24 - Brecha de Lajeado 2 mostrando matriz muito fina constituída de carbonatos (à esquerda) e feldspatos. Pol., sem filtro.

(traquitos) e acidentais (piroxenitos e anfibolitos). São de difícil diferenciação, sendo seus contatos com a matriz pouco nítidos, como no caso dos traquitos, piroxenitos e anfibolitos, e melhor definidos nos feldspatos.

Os fenocristais de feldspato são xenomórficos a hipidiomórficos, milimétricos, e correspondem a feldspato alcalino e albita, moderadamente saussuritizados, com inclusões de opacos e apatita. Observa-se nos plagioclásios incipiente zoneamento, não sendo possível, contudo, determinar-se a sua natureza.

Os clastos acessórios representados por traquitos são de difícil caracterização textural (forma e tamanho) em razão de seus contatos difusos com a matriz. Compõem-se de albita ripiforme, em típica estrutura de fluxo e, levemente saussuritizada, e carbonatos intersticiais, além de minerais opacos.

Os piroxenitos representam clastos equidimensionais subarredondados, milimétricos, consistindo de augita hipidiomórfica no centro, envolvida por opacos, e circundados por hornblenda associada a opacos.

Os clastos de anfibolito, um produto de alteração de piroxenitos, são alongados, subangulosos e constituídos de hornblenda verde, com intenso pleocroísmo. Este mineral é xenomórfico a hipidiomórfico e ocorre na forma de finos agregados, interdigitados com a matriz e associados a opacos.

Segundo a classificação de ULBRICH (1986), as brechas de Lajeado 2 podem ser caracterizadas como polimícticas e de textura suportada por matriz.

4.6.3. Lajeado 3

Esta área de ocorrência inclui brechas formadas no contato do maciço sienítico com as encaixantes da Formação Votuverava. Essas rochas diferenciam-se das descritas anteriormente por possuírem maior quantidade de clastos, com tamanhos, passando desde poucos milímetros até aproximadamente 30 cm de comprimento, e formas variadas, angulosas a subarredondadas, equidimensionais a tabulares, além de composições diversas (Foto 25). A matriz é afa-

nitica cinza escuro, de difícil caracterização, e ocorre subordinada aos clastos, preenchendo os pequenos espaços entre eles. Nessas brechas reconhece-se intensa recristalização dos clastos, que se tornam mais resistentes. Nota-se também a ocorrência de bordas de reação mais silicificadas dos clastos em relação à matriz (Foto 26).

Ao microscópio, verifica-se que essas brechas contêm pouca ou nenhuma matriz em função do corte analisado. Quando presente, a matriz é muito fina, às vezes quase criptocristalina. Onde os minerais são melhor definidos, percebe-se incipiente estrutura de fluxo, definida pela orientação de albita ripiforme. A matriz, ao lado de plagioclásios, compõe-se de: feldspato alcalino xenomórfico muito fino; piroxênios, egirina-augita e augita como agregados finos xenomórficos, ou ainda, cristais maiores hipidiomórficos; biotita, carbonatos e opacos em quantidades subordinadas e, na condição de acessórios, zircão e apatita. Não é possível determinar-se a porcentagem aproximada de cada mineral, em virtude do seu tamanho reduzido.

Quanto aos clastos, eles podem ser essenciais (fenocristais de feldspato), acessórios (traquitos, microssienitos, sienitos e bostonitos) e acidentais (filitos, quartzitos e mármore), sendo que predominam os de composição filítica.

Os filitos caracterizam-se por serem angulosos, laminares ou tabulares, milimétricos a centimétricos, além de constituídos por uma intercalação de níveis quartzosos finos e biotíticos, igualmente finos. Ocorrem ainda lentes de quartzo mais grosseiro e epidoto em finos agregados granulares. O quartzo, de maneira geral, é xenomórfico e as biotitas formam cristais "arredondados" devida à intensa recristalização. Nota-se a existência de minerais maiores de biotita hipidiomórfica, cortando a foliação. Os filitos sofreram ainda intensa percolação de hidróxidos, resultando em uma coloração castanho-amarelada em toda a rocha. Minerais opacos aparecem dispersos pela rocha ou em agregados onde há maior concentração de óxidos. Como acessórios estão presentes apenas pequenos cristais de apatita. Esses clastos possuem estrutura xistosa, definida pela orientação mineral, que em alguns casos se mostra incipientemente crenulada. Reconhece-se ainda um bandamento marcante

Foto 25 - Clastos de formas, tamanhos e composições variadas em brecha de Lajeado 3. Observe-se na parte superior esquerda da foto, clasto bem definido de sienito. Escala em cm.

Foto 26 - Aspecto geral das brechas de Lajeado 3, caracterizadas por clastos de tamanhos diversos em matriz acinzentada. Verifica-se borda de reação esbranquiçada dos clastos com a matriz.

dado pela intercalação de níveis máficos (biotitas) e fêlsicos (quartzo), semelhante ao encontrado nos filitos da Formação Votuverava, fora do maciço de Tunas (Foto 27).

O segundo tipo de clastos, em termos de abundância corresponde aos traquitos. Eles são equidimensionais a tabulares, subangulosos a subarredondados, e exibem granulação variável de fina a média de um clasto para outro. Consistem de aproximadamente 70-80% de albita ripiforme orientada em típica estrutura de fluxo ou formando "plumas" (Foto 28) de feldspatos; feldspato alcalino, presente principalmente junto aos clastos de granulação média; carbonato intersticial; hornblenda em quantidade subordinada; opacos e resultantes da percolação de soluções, hidróxidos; além de apatita como acessório. Na amostra relativa ao ponto TU-48 (Anexo) tem-se ainda a presença de quartzo, em cristais muito finos, xenomórficos.

Os demais clastos ocorrem em menor quantidade e não são identificados em todas as amostras estudadas. Os quartzitos formam clastos alongados, centimétricos, subangulosos, reunindo: 100 a 60% de quartzo de granulação variando de grandes cristais estirados até aqueles muito finos, xenomórficos; aproximadamente 20% de biotita hipidiomórfica a xenomórfica, associada a níveis mais finos de quartzo, ou como agregados fibrorradiados; cerca de 20% de epidoto também em níveis mais finos; e apatita como acessório. Essas rochas possuem estrutura cataclástica, em níveis orientados, anastomosados.

Metabasitos são observados apenas na amostra TU-49 (Anexo). Os clastos são angulosos, milimétricos, e consistem essencialmente de anfibólio verde (actinolita) em níveis intercalados com feldspatos muito finos. Ocorrem também em pequena proporção clorita, piroxênio incolor e opacos. Esses clastos exibem granulação muito fina, a impedir análise mais detalhada dos seus constituintes.

Os clastos de mármore se mostram alongados ou equidimensionais e formados de carbonato xenomórfico, geralmente em associação com pequena quantidade de óxidos. São clastos pequenos, milimétricos, de estrutura maciça.

0,5 mm

Foto 27 - Clasto de filito, mostrando intercalação de níveis quart-
zosos, mais espessos, com níveis biotíticos, mais finos,
em brecha de Lajeado 3. Pol //, sem filtro.

0,5 mm

Foto 28 - Clasto de traquito, em brecha de Lajeado 3, mostrando tex-
tura em "plumas". Pol ⊥, sem filtro.

Clastos de bostonito e microssienito diferenciam-se dos de traquito, respectivamente pela textura radiada, comum ao primeiro e estrutura maciça do segundo. Os bostonitos formam clastos centimétricos que se confundem com a matriz, dificultando, dessa maneira, a sua caracterização quanto à forma. Eles compõem-se de feldspato (60-70%) na forma de cristais xenomórficos a idiomórficos ripiformes, de granulação média, com geminação Carlsbad e moderada alteração, passando a argilo-minerais; albita (20-25%) também ripiforme em agregados radiais; e, subordinadamente, biotita com minerais opacos e óxidos. Os bostonitos sofreram intensa percolação de hidróxidos, conferindo-lhes coloração castanho-amarelada.

Os microssienitos são clastos centimétricos, angulosos, equidimensionais, constituídos de aproximadamente 90% de feldspato alcalino muito fino, piroxênios xenomórficos e minerais opacos. Devido ao tamanho reduzido dos minerais não é possível caracterizá-los composicionalmente.

Os clastos de sienito são semelhantes aos de microssienito, porém, de granulação grossa. Mineralogicamente, eles contêm: feldspato alcalino, intensamente pertitizado; albita nas pertitas ou em cristais maiores hipidiomórficos; carbonatos em finos agregados intersticiais; serpentina; minerais opacos; apatita e hidróxidos. Essas rochas possuem estrutura maciça.

Fenocristais de feldspato alcalino, plagioclásio e piroxênio aparecem como clastos essenciais na maioria das amostras investigadas. Os primeiros são hipidiomórficos a idiomórficos, de granulação grossa, com muitas inclusões de minerais da matriz e fraturamento incipiente. Apresentam evidências de alteração para argilo-minerais. Os plagioclásios acham-se representados por albita bem cristalizada na forma de grandes cristais, em geral com moderado zoneamento e com muitas inclusões, notadamente de biotita. Os piroxênios formam grandes clastos, porém menores que os de feldspato. A coloração é variada (esverdeada, castanho, amarelada a incolor) com intenso zoneamento, passando de incolor nas bordas a esverdeado no centro. Transformação periférica para biotita é comum. Eles são definidos como egirina-augita a augita por suas características ópticas.

De maneira geral os clastos das brechas de Lajeado 3 apresentam bordas de reação com a matriz, distinguindo-se uma cor de granulação mais fina que a do clasto e de coloração mais escura (Foto 29).

Essas brechas, segundo a classificação de ULBRICH (1986), são classificadas como polimícticas, de textura suportada por clastos ou por clastos e matriz.

4.6.4. Lajeado 4

Na ocorrência de Lajeado 4 observam-se brechas com matriz mais grosseira que as anteriores, de coloração cinza escuro, com clastos milimétricos a centimétricos, alcançando até 25 cm de comprimento (Fotos 30 e 31). Devido à alteração superficial eles se destacam da matriz, sendo mais resistentes. Nessas rochas ocorrem clastos de brechas mais antigas, mais finas, de coloração mais clara, envolvidas por uma matriz de granulação um pouco mais grossa (Foto 32). De modo geral, tanto a matriz das brechas mais antigas, quanto das mais jovens possui granulação fina. Além dos clastos de brecha, identificam-se também clastos de piroxenito, biotito e feldspato.

Essas rochas estão pouco fraturadas, com fraturas preenchidas por óxidos de coloração cinza escuro (manganês). Elas exibem fina capa de alteração, adquirindo então coloração castanho-amarelado.

Microscopicamente nota-se que a matriz nas brechas de Lajeado 4, conquanto ainda de granulação fina, é melhor cristalizada que nos corpos anteriores. Essas rochas constituem-se de feldspato alcalino xenomórfico, incipientemente alterado, em geral disposto na forma de agregados, onde às vezes, reconhece-se junção triplice; plagioclásios (albita), presentes em pequena porcentagem em relação ao feldspato anterior, aproximadamente 5-10% e apresentando geminação polissintética pouco marcante; biotita (cerca de 30%), em seções prismáticas quadradas ou seções basais arredondadas, de coloração castanho; piroxênios de composição variável de augita a egirina-augita (?), de cor verde a castanho, com pleo-

0,5 mm

Foto 29 - Clasto de feldspato alcalino em brecha de Lajeado 3, mostrando borda de reação com a matriz. Pol//, sem filtro.

Foto 30 - Afloramento de brechas de Lajeado 4, destacando-se grandes clastos angulosos em matriz fina cinza escuro.

Foto 31 - Clastos de tamanhos, formas e composições variadas em Lajeado 4. Ao centro, observa-se um microssienito. Os clastos prismáticos de coloração rosada, são de feldspato e os esverdeados de piroxênio envolvido por biotitas (pretas). Escala em cm.

Foto 32 - Clasto de brecha mais antiga (cinza-esbranquiçado) envolvido por brecha mais recente de matriz cinza escuro. Escala em cm.

croísmo moderado a inexistente, ocorrendo como finos agregados ou preenchendo fraturas. Subordinadamente, aparecem hornblenda em finos cristais de coloração castanho-esverdeado, olivina passando a iddingsita, minerais opacos bastante distribuídos e, como acessório, apatita em secções hexagonais ou aciculares.

Em algumas amostras verifica-se incipiente orientação mineral, sugerindo possível estrutura de fluxo.

Os clastos são bastante variados, predominando os essenciais (fenocristais de feldspato e piroxênio), além dos acessórios (sienitos, microssienitos e brechas) e acidentais (piroxenitos e biotititos).

Dos clastos essenciais, os de feldspato são os mais abundantes, reconhecendo-se fenocristais xenomórficos a hipidiomórficos de feldspato alcalino e albita. Esses clastos são milimétricos, angulosos, geralmente saussuritizados, com borda de reação com a matriz (formação de coroa de granulação fina ao redor do clasto). Os feldspatos são poiquiliticos, com muitas inclusões de piroxênio e biotita, e encontram-se incipientemente fraturados.

Os piroxênios formam clastos angulosos, geralmente envolvidos por biotita, com formação de borda de reação. As biotitas ocorrem também como inclusões orientadas nos piroxênios (Foto 33). Esses clastos são milimétricos, equidimensionais, de coloração castanha com incipiente zoneamento, de natureza augítica.

Os clastos acidentais (piroxenitos e biotititos) são definidos como correspondendo a uma transição de tipos contendo 100% de piroxênio àqueles com 100% de biotita; alteração do piroxênio a biotita está sempre presente. Os de piroxenito são angulosos a subarredondados, equidimensionais, milimétricos a centimétricos, além de constituídos essencialmente de cristais de augita ou egirina-augita (?), incolores a esverdeados, respectivamente, e minerais opacos. Coroa de reação com a matriz, são comuns, com os grãos de piroxênio envolvidos por biotita. Os de biotitito são angulosos a subarredondados, um pouco maiores que os anteriores, e compostos principalmente de biotita castanho-esverdeada, de granulação fina a média, circundando cristais de feldspato alcalino e albita, com inclusões de apatita. Quando mais finos, esses clastos apresentam-se incipientemente orientados, sendo a orienta-

ção dada pelas biotitas. Os clastos de composição intermediária consistem de finos agregados, alongados, angulosos a arredondados de piroxênio rodeado por biotita e opacos (Foto 34). Esses clastos às vezes possuem ainda uma segunda coroa de reação formada por piroxênio, ficando, portanto, piroxênio no centro, biotita ao redor deste e novamente piroxênio envolvendo as biotitas, sempre em associação com opacos (Foto 35).

Os clastos acessórios, representados por sienitos e microcrossienitos, são angulosos a subangulosos, centimétricos, de granulação variável de grossa (sienitos) a fina (microcrossienitos), e formados essencialmente de: feldspato alcalino xenomórfico (cerca de 80%), alterado, passando a argilo-minerais, restando às vezes apenas pseudomorfos; piroxênio (aproximadamente 10%) fino, xenomórfico e biotita (+ 10%). Ocorrem ainda opacos e como acessório apatita inclusa nos feldspatos. Essas rochas possuem estrutura máfica e exibem bordas mais finas no contato com a matriz.

As brechas mais antigas consistem de matriz semelhante àquela que as envolve, com feldspato alcalino, albita, piroxênios e biotita em finos agregados, circundando clastos angulosos de sienito ou microcrossienito e fenocristais de feldspato, xenomórfico a hipidiomórfico (Foto 36). Essas brechas formam clastos centimétricos, geralmente maiores que os demais, equidimensionais, angulosos a subarredondados, rodeados por grande quantidade de minerais máficos, formando coroa de reação com a matriz.

Em Lajeado 4, as brechas são classificadas (cf. ULBRICH, 1986), como polimícticas com textura suportada por matriz, não havendo contato entre os clastos.

4.6.5. Arroio Barro Vermelho

Das brechas do Arroio Barro Vermelho, analisou-se apenas uma seção delgada, estudada por HARA & SILVA (1982), e à qual se teve acesso, uma vez que, como já foi dito anteriormente, não foi encontrado o afloramento dessas rochas. Nessa seção observa-se que a brecha consiste de matriz inequigranular, com cristais de granulação média de feldspato alcalino e muito finos de piroxênio,

Foto 33 - Clasto de piroxênio, com inclusões orientadas de biotita, em brecha de Lajeado 4. Pol , sem filtro.

Foto 34 - Brecha de Lajeado 4 onde se distinguem clasto de piroxênio (parte inferior direita) com inclusões de biotita, clasto de piroxenito (parte superior direita) com borda de reação de biotita e clasto de biotitito (parte inferior esquerda), em matriz piroxênio feldspática. Pol , sem filtro.

[0,5 mm]

Foto 35 - Clasto de piroxenito com borda de reação formada por biotita, envolvido por piroxênios e opacos e envolvido novamente por biotita, em brecha de Lajeado 4. Pol //, sem filtro.

[0,5 mm]

Foto 36 - Clasto de brecha mais antiga (lado esquerdo) contendo clasto de feldspato; em matriz de brecha mais jovem (lado direito). Pol ⊥, sem filtro.

biotita e opacos. O feldspato alcalino é ripiforme, pouco orientado, intensamente alterado, passando a argilo-minerais. Os piroxênios e a biotita formam, juntamente com as fases opacas agregados muito finos, intersticiais aos feldspatos, de difícil caracterização óptica. Na matriz verifica-se ainda a ocorrência subordinada de nefelina idiomórfica em secções quadradas. Os minerais opacos, além de integrarem os agregados acima, ocorrem também em cristais maiores, definidos como magnetita pela textura esquelética. Como acessórios reconhecem-se apatita e zircão.

Como clastos aparecem apenas fenocristais de feldspato ou piroxênio (essenciais) e clastos de traquito (acessórios). Os feldspatos são alcalinos ou plagioclásios (albita), xenomórficos a hipidiomórficos, geralmente mostrando bordas de reação com a matriz, adquirem granulação mais fina ou onde se nota maior concentração de minerais máficos. Os plagioclásios apresentam incipiente zoneamento.

Os piroxênios formam clastos milimétricos, hipidiomórficos, de coloração castanho, esverdeada ou incolor, definidos como augita e associados a grande quantidade de óxidos amarelados.

Os clastos de traquito são pequenos, milimétricos, equidimensionais, subarredondados, constituídos essencialmente de feldspato alcalino ripiforme orientado em típica textura traquitica e agregados finos de augita, além de minerais opacos. Os contatos desses clastos com a matriz são pouco definidos.

Segundo a classificação de ULBRICH (1986), essas rochas correspondem a brechas polimícticas de textura suportada por matriz, com pequena quantidade de clastos.

4.6.6. Antena

A ocorrência da Antena representa o maior afloramento de brechas do maciço de Tunas. Elas possuem matriz muito fina a fina, de coloração cinza escuro, envolvendo clastos milimétricos a centimétricos, com até 12 cm de comprimento, angulosos a subarredondados, que se destacam pela sua maior resistência ao intemperismo. Macroscopicamente, distinguem-se clastos de sienito, quartzito e

filito. Essas rochas exibem incipiente alteração superficial, formando fina capa de coloração castanho-amarelada.

Foram confeccionadas 11 secções delgadas, algumas só de clastos, outras da matriz e outras de clastos e matriz. Observa-se que a matriz das brechas é de granulação fina a média, dependendo da proximidade com os clastos. A matriz ao redor de traquitos é média, enquanto que em torno dos demais clastos vai-se tornando mais fina que no restante da rocha. A composição da matriz é dada por: feldspato alcalino anédrico, muito fino, às vezes pertítico; plagioclásio (albita) intersticial; piroxênio anédrico, muito fino, de difícil caracterização; biotita; grande quantidade de minerais opacos; subordinadamente anfibólio e, como acessório, apatita. Nessas rochas nota-se a presença de material isotropo intersticial (vidro vulcânico). Quando de granulação média, predominam os feldspatos levemente orientados em estrutura de fluxo.

Os clastos possuem composição variável, identificando-se os essenciais (feldspatos e piroxênios), acessórios (sienitos, traquitos e microssienitos) e acidentais (filitos, quartzitos, piroxenitos, biotititos e diabásios). Verifica-se maior quantidade de clastos de quartzito que nas brechas anteriores.

Os fenocristais de feldspato são de feldspato alcalino e albita, na forma de clastos milimétricos, xenomórficos a idiomórficos, moderadamente saussuritizados, com muitas inclusões de piroxênio e biotita; às vezes apresentam-se orientados. Eles formam bordas de reação com a matriz originando então agregados muito finos. Os clastos de plagioclásio são comumente zonados. No geral os feldspatos encontram-se fraturados, sendo as fraturas preenchidas pela matriz.

Fenocristais de piroxênio ocorrem em menor quantidade que os anteriores. Os cristais são hipidiomórficos, milimétricos, rosados, formando coroa de reação de biotita com a matriz. Esses clastos estão normalmente associados a minerais opacos e possuem inclusões de minerais da matriz.

Os clastos acessórios mostram-se de maneira geral subarredondados, milimétricos a centimétricos, equidimensionais, além de diferenciados entre si pela granulação e pela textura. Os de sienito são de granulação mais grossa e estrutura maciça (Foto

37); os de traquito, finos, com orientação mineral, enquanto que os de microssienito são também finos e de estrutura maciça. Quanto à mineralogia, exibem grande semelhança entre si, consistindo de 70-90% de feldspato alcalino na forma de xenocristais, alterados para argilo-minerais e pertitizados nas variedades sieníticas (Foto 38); plagioclásios (albita); piroxênios (augita e egirina-augita) em finos agregados xenomórficos esverdeados ou incolores; biotita em finos cristais lamelares; anfibólio (ocorre apenas nos sienitos), definido como hornblenda ou arfvedsonita; carbonatos e opacos. Essas rochas caracterizam clastos pouco fraturados com moderada a incipiente percolação de óxidos.

Dos clastos acidentais, os de quartzito e filito são os mais abundantes. Os primeiros formam os maiores clastos, sendo no entanto de difícil caracterização microscópica, quanto à forma e tamanho em virtude do caráter indefinido dos seus limites. As vezes, constituem-se de 100% de quartzo, , xenomórfico, de granulação variada, com forte extinção ondulante; mais comumente, contém 50-70% de quartzo. Nos clastos com menor porcentagem de quartzo observa-se a intercalação de níveis de maior ou menor espessura do mineral, que se acha fraturado, com as fraturas preenchidas por óxidos (Foto 39). Nos níveis mais finos nota-se também a presença de outros minerais: biotita; subordinadamente feldspato alcalino e plagioclásio intersticiais; epidoto granular sem orientação; opacos; hidróxidos originados a partir de soluções percolantes e pequena quantidade de vidro vulcânico, normalmente envolvendo os cristais de quartzo. Essas rochas possuem foliação incipiente, dada pelo estiramento mineral.

Os filitos formam clastos tabulares, centimétricos, de granulação muito fina, constituídos de quartzo (cerca de 45%) em finos cristais estirados e orientados; feldspato alcalino ($\pm 10\%$) xenomórfico; biotita ($\pm 35\%$) em grãos orientados, muito finos, que definem uma xistosidade à rocha; zoisita incolor em agregados muito finos dispersos pela rocha; opacos; apatita e hidróxidos como produto de soluções percolantes. Essas rochas exibem textura granolepidoblástica e estrutura xistosa definida pela orientação mineral.

Um único clasto de diabásio foi identificado (ponto TU-42, Anexo). Ele é anguloso e composto de andesina ripiforme,

Foto 37 - Clasto centimétrico de sienito envolvido por matriz fina, cinza escura, intensamente fraturada. Brecha da Antena.

Foto 38 - Clasto de sienito (à esquerda) pertitzado em matriz de composição feldspática, em brecha da Antena. Pol $\perp$, sem filtro.

augita xenomórfica de coloração verde claro e biotita. A textura é caracteristicamente subofítica e a estrutura maciça.

Os clastos de piroxenito e biotitito são semelhantes aos das brechas descritas anteriormente, observando-se também aqui a passagem de clastos consistindo essencialmente de piroxênio para aqueles de biotita, bem como a existência de membros intermediários. Eles são milimétricos, subarredondados e equidimensionais.

Nessas brechas descreve-se ainda a ocorrência de pequenas cavidades, arredondadas ou alongadas, preenchidas por serpentina e olivina e envolvidas por vidro (Foto 40), ou preenchidas por feldspato e piroxênio ao redor da serpentina, ou ainda olivina e biotita. Essas cavidades são caracterizadas como sendo um possível vesiculamento da matriz das brechas vulcânicas.

De maneira geral as rochas que afloram na localidade da Antena são classificadas como sendo polimícticas de textura suportada por matriz.

4.6.7. Barro Vermelho

As brechas da localidade de Barro Vermelho, aflorando na borda do maciço, contêm grande quantidade de clastos acidentais (filitos e quartzitos) das rochas encaixantes (Fotos 41 e 42). Essas brechas são de matriz fina, cinza claro a escuro, que envolve clastos de tamanho variável (dimensões milimétricas até 40 cm de comprimento), angulosos, tabulares a subarredondados, equidimensionais, destacáveis por serem mais resistentes e intensamente silicificados (Foto 43). Observam-se nessas rochas pequenas falhas, com movimentação dos clastos (Foto 44) e fraturas preenchidas pela matriz (Foto 45).

Em lâmina delgada nota-se que a matriz é pouco abundante e que não envolve completamente os clastos. Ela é muito fina a criptocristalina e de difícil definição. Compõe-se de feldspato alcalino xenomórfico, piroxênio (augita) em agregados muito finos ou finos preenchendo fraturas nos clastos, opacos e, subordinadamente, vidro vulcânico.

0,5 mm

Foto 39 - Clasto de quartzito mostrando a intercalação de níveis dados por cristais xenomórficos de granulação fina e grossa. Pol $\perp$, sem filtro.

0,5 mm

Foto 40 - Cavidade vesicular, observada na matriz de brechas da Antena, preenchida por serpentina no centro e vidro ao redor. Pol $\parallel$, sem filtro.

Foto 41 - Brecha da localidade de Barro Vermelho mostrando grande quantidade de clastos acidentais, principalmente de filitos.

Foto 42 - Detalhe da foto anterior realçando o tamanho variável dos clastos. O clasto maior no centro da foto é de filito.

Foto 43 - Imagem realçando a maior resistência dos fragmentos das brechas de Barro Vermelho em relação à matriz.

Foto 44 - Detalhe de um clasto de filito (parte direita da foto) falhado, com movimentação.

Os clastos predominantes são os de filito e, secundariamente, os de quartzito, piroxenito e metabasito (clastos acidentais), além dos de sienito e traquito como clastos acessórios. Clastos essenciais não foram encontrados nessas rochas.

Os filitos formam clastos angulosos, laminares ou lenticulares, com estrutura xistosa marcante e uma clivagem obliqua à xistosidade, sendo ambas direções definidas pela orientação das biotitas. Esses clastos compõem-se de biotita hipidiomórfica a xenomórfica, fortemente orientada em níveis finos intercalados a níveis ricos em epidoto e quartzo, de granulação variável de fina a média, e, subordinadamente, de feldspatos muito finos e opacos (Foto 46). Alguns níveis contêm material isotrópico, caracterizando possível vitrificação dessas rochas. Em geral os clastos apresentam bordas de reação com a matriz e se mostram envolvidos por agregados quartzosos. A maioria deles acha-se fraturado, com as fraturas preenchidas pela matriz. Por vezes nota-se zoneamento nessas fraturas, predominando piroxênios nas porções centrais e feldspato alcalino nas bordas. Nessas rochas descrevem-se ainda lentes de quartzo de granulação média a grossa, intercaladas aos demais níveis.

Os quartzitos são definidos por clastos subangulosos a subarredondados, tabulares a equidimensionais, milimétricos a centimétricos, de composição variando de 40 a 100% de quartzo. Nos clastos mais ricos em quartzo, o mineral é de granulação média a grossa, xenomórfico, com a rocha exibindo estrutura maciça; naqueles contendo menor quantidade, a granulação é fina a média, em níveis intercalados com agregados finos de piroxênio, epidoto e opacos e, mais raramente, muscovita. Quando ocorrem filossilicatos, essas rochas possuem orientação incipiente.

Os clastos de piroxenito possuem dimensões menores que as dos dois anteriores. Eles são subangulosos e compostos principalmente de piroxênio augítico (80-90%), feldspato alcalino intersticial e plagioclásios. Os piroxenitos formam bordas de reação com a matriz, adquirindo granulação mais fina que no centro dos clastos. Estes possuem estrutura maciça.

As metabásicas acham-se representadas por clastos angulosos, milimétricos a centimétricos, consistindo de agregados de

Foto 45 - Detalhe de clastos de filito fraturados (parte superior direita da foto), sendo as fraturas preenchidas por matriz. Escala em cm.

Foto 46 - Clasto de filito em Barro Vermelho mostrando intercalação de níveis biotíticos (canto inferior esquerdo) com os de epidoto + quartzo. Pol//, sem filro.

tremolita-actinolita hipidiomórfica e feldspatos intersticiais. Possuem bordas de reação formadas por piroxênios e opacos, ou ainda, por feldspato prismático. Em alguns clastos observa-se a ocorrência de carbonato intersticial. Em uma das amostras do ponto TU-31 verifica-se a formação de cloritóide no contato do clasto com a matriz.

Os sienitos e traquitos são semelhantes aos tipos homônimos descritos nas demais brechas, formando clastos subangulosos, equidimensionais, de dimensões milimétricas a centimétricas. Nos traquitos predomina a textura em "plumas", além da típica textura traquítica.

Segundo a classificação de ULBRICH (1986), as brechas do Barro Vermelho são polimícticas de textura suportada por clastos ou por clastos e matriz, sendo que os clastos dificilmente se mostram envolvidos por inteiro pela matriz (Foto 47).

0,5 mm

Foto 47 - Brecha de Barro Vermelho caracterizando textura suportada por clastos e matriz, com clasto de traquito (à esquerda) em contato com clasto de quartzito (à direita). Pol., sem filtro.

V. ANÁLISE PERCENTUAL DA RELAÇÃO CLASTOS X MATRIZ

A proporção de clastos e matriz nas brechas vulcânicas de Tunas é bastante variada, portanto, para se obter dados mais concretos dessa relação foram realizadas contagens diversas nessas rochas, como já referido previamente.

O primeiro trabalho, efetuado no campo, mostrou-se insatisfatório, posto que não foi possível de ser feito em todos os corpos, uma vez que nem todos os afloramentos acham-se livres da capa de alteração mascarando os contatos entre os clastos e a matriz, a dificultar sobremaneira a análise.

Dos sete corpos de brechas, em três (Lajeado 1, Lajeado 2 e Arroio Barro Vermelho) foi impraticável a medição do tamanho dos clastos; em dois (Lajeado 3 e Antena) as medidas foram realizadas, porém sem cálculo da porcentagem, por não terem sido definidas áreas de contagem; e nos dois últimos (Lajeado 4 e Barro Vermelho) pode-se fazer a análise como esperada.

Em Lajeado 3 e na Antena observou-se apenas o tamanho dos clastos, devido à falta de clareza de grandes superfícies, com as medidas conduzidas em pontos diversos dos afloramentos. Em Lajeado 3 nota-se que há grande diversidade de tamanhos, ocorrendo desde clastos com 3,5 cm até 27 cm de comprimento (Tabela 1). Nas brechas da Antena há também diversidade de tamanhos, porém, os clastos são em geral menores que em Lajeado 3, indo de 1,5 cm até no máximo 24 cm de comprimento (Tabela 1).

Para Lajeado 4 mediu-se uma área de 45 cm x 33 cm, correspondendo a 19,4% de clastos e 80,6% de matriz. A Tabela 1 relaciona o tamanho dos clastos medidos dentro dessa área, com o menor ocupando 1,5 cm² de área (1,5 cm de comprimento por 1,0 cm de largura) e o maior, 54 cm² (9,0 x 6,0 cm, respectivamente).

As brechas de Barro Vermelho se constituem no melhor afloramento para esse tipo de análise, tendo sido feitas determinações em quatro superfícies diferentes (Tabela 1). Como valores médios para essas áreas tem-se 24,0% de clastos e 76,0% de matriz, medidos apenas os clastos maiores de 1,0 cm de comprimento. Aqui observam-se clastos de dimensões milimétricas até aqueles com 50 cm de compri-

mento.

Na segunda etapa, executada em secções cortadas e polidas, chega-se a idéia melhor da relação clastos x matriz. A tabela 2 mostra o número de pontos contados por secção e a porcentagem dos elementos analisados. Tirando-se a média das diversas contagens, para cada corpo, tem-se que, com exceção das brechas de Barro Vermelho, as demais possuem muito mais matriz do que clastos, como em Lajeado 2, , Lajeado 4 e Antena, ou porcentagens semelhantes como em Lajeado 1 e Lajeado 3. Em Barro Vermelho aumenta a proporção de clastos.

No terceiro estágio, tomando como base áreas de 1 cm² em lâminas delgadas (Tabelas 3 a 9) verifica-se também que a maioria dos corpos possui mais matriz do que clastos, entretanto os dados obtidos não são concordantes com os da etapa anterior. Aqui as brechas de Lajeado 1, 2 e 4 contêm muito mais matriz; as da Antena menos, porém, ainda em quantidade superior à de clastos; e as de Lajeado 3 e Barro Vermelho mais clastos que matriz. Aqui foi realizada também análise para as brechas do Arroio Barro Vermelho, onde verificou-se também uma proporção maior de matriz relativamente aos clastos. Ainda a destacar o teor extremamente baixo de clastos (inferior a 10%) obtido para Lajeado 2.

Dessas análises não se pode dizer qual a mais confiável, pois em todas elas as medidas foram feitas aleatoriamente, tendo, por conseguinte, caráter complementar.

Os dados texturais fornecidos na petrografia, seja no tocante às brechas suportadas por clastos, seja por matriz, basearam-se apenas nas observações visuais das secções, não levando, portanto, em conta o trabalho de contagens efetuado. Não obstante nota-se que as considerações feitas anteriormente não fogem muito dos resultados aqui obtidos.

Dessa forma, texturalmente as brechas de Tunas, são definidas, em sua maioria, como sendo suportadas por matriz. Como exceções menciona-se as ocorrências de Lajeado 3 e Barro Vermelho, aflorando junto às bordas do maciço, que são suportadas por clastos e matriz, ou, até mesmo em algumas secções, suportadas por clastos, uma vez adotada a classificação de ULBRICH (1986).

Quanto à forma e tamanho dos clastos, nota-se que há grande variação em todos os corpos, independentemente da sua constituição.

TABELA 2

Medida da porcentagem de clastos e matriz das brechas de Tunas, a partir da contagem de pontos com papel milimetrado.

LAJEADO 1

AMOSTRA	Nº DE NÓS	% CLASTOS		% MATRIZ		AMOSTRA	Nº DE NÓS	% CLASTOS		% MATRIZ	
		nós	%	nós	%			nós	%	nós	%
18.d	43	9	21	34	79	44.b	98	31	31,7	67	68,3
44.b	107	45	42	62	58	44.c	87	25	28,8	62	71,2
44.c	53	18	34	35	66	44.c	45	22	50	23	50
44.c	52	19	36,6	33	63,4	44.c	36	21	58,3	15	41,7
44.c	86	28	33	58	67	44.d	41	22	53,6	16	46,4
44.d	65	29	44,6	36	55,4	45.a	86	57	66,3	29	33,7
45.a	87	45	51	43	49	45.b	55	26	47,3	29	52,7
45.b	57	26	45,6	31	54,4	45.c	82	35	42,7	47	57,3
45.d	102	55	54	47	46	45.d	86	54	62,8	32	47,2
45.e	99	58	58,5	41	41,5	45.f	60	19	31,7	41	68,3
45.f	104	56	53,3	48	46,2						

$$M_{CL} = 45,0 \quad M_{MZ} = 55,0$$

LAJEADO 2

AMOSTRA	Nº DE NÓS	% CLASTOS		% MATRIZ		AMOSTRA	Nº DE NÓS	% CLASTOS		% MATRIZ	
		nós	%	nós	%			nós	%	nós	%
46.a	43	14	32,6	29	67,4	46.a	37	12	32,5	25	67,5
46.b	136	64	47	72	53	46.b	119	58	48,8	61	51,2
46.c	90	43	47,8	47	52,2	46.c	85	30	35,3	55	64,7
46.d	35	19	25,7	26	74,3	46.d	37	18	49	19	51

$$M_{CL} = 40,0 \quad M_{MZ} = 60,0$$

LAJEADO 3

AMOSTRA	Nº DE NÓS	% CLASTOS		% MATRIZ		AMOSTRA	Nº DE NÓS	% CLASTOS		% MATRIZ	
		nós	%	nós	%			nós	%	nós	%
48	100	53	53	47	47	48	70	17	24,3	53	75,7
48.a	75	35	46,7	40	53,3	48.a	56	21	37,5	35	62,5
48.a	81	47	58	34	42	49.b	53	7	13,2	46	86,8
49.b	49	49	100	0	0,0	49.c	71	15	21,1	56	78,9
49.c	88	19	23,9	67	76,1	49.a	73	73	100	0	0,0

$$M_{CL} = 48,0 \quad M_{MZ} = 52,0$$

LAJEADO 4

AMOSTRA	Nº DE NÓS	% CLASTOS		% MATRIZ		AMOSTRA	Nº DE NÓS	% CLASTOS		% MATRIZ	
		nós	%	nós	%			nós	%	nós	%
16.b	87	17	20	70	80	16.d	87	17	20	70	80
16.e	105	63	60	42	40	16.e	94	15	16	79	84
16.e	120	32	26,7	88	73,3						

$$M_{CL} = 32,0 \quad M_{MZ} = 68,0$$

TABELA 2 - (Continuação).

ANTENA

AMOSTRA	Nº DE NÓS	%CLASTOS		%MATRIZ		AMOSTRA	Nº DE NÓS	%CLASTOS		%MATRIZ	
		nós	%	nós	%			nós	%	nós	%
42.b	83	21	25,4	62	74,6	42.b	82	11	13,4	71	86,6
42.b	96	10	10,4	86	89,6	42.c	55	12	21,9	43	78,1
42.c	78	20	25,7	58	74,3	42.c	114	31	27,2	83	72,8
42.c	60	10	17	50	83	43.a	77	0	0,0	77	100
43.a	137	64	46,7	73	53,3	43.a	75	75	100	0	0,0
43.b	71	32	45	39	55						

 $M_{CL} = 30,0$ $M_{MZ} = 70,0$

BARRO VERMELHO

AMOSTRA	Nº DE NÓS	%CLASTOS		%MATRIZ		AMOSTRA	Nº DE NÓS	%CLASTOS		%MATRIZ	
		nós	%	nós	%			nós	%	nós	%
31	68	21	31	47	69	31.a	70	39	55,7	31	44,3
31.a	70	43	61,4	27	38,6	31.b	92	67	72,8	25	27,2
31.c	67	39	58	28	42	31.e	70	46	65,7	24	34,3
31.e	70	35	50	35	50	31.f	82	47	57,3	35	42,7
31.f	78	40	51,2	38	48,8	31.g	33	18	55	15	45
31.h	39	23	59	16	41	31.h	40	20	50	20	50
31.i	75	13	17,4	62	82,6						

 $M_{CL} = 53,0$ $M_{MZ} = 47,0$

TABELA 3

Medida da dimensão (C, comprimento; L, largura em cm) e área (A, em cm²) de clastos em secções delgadas e sua relação com a matriz (M, média percentual; CL, clastos; MZ, matriz), das brechas de Lajeado 1.

18.a	C	0,36	0,45	1,45	0,91	1,09	0,64	0,55	0,72	0,91	0,91	0,72	0,36	0,27	1,09	0,36	0,55
	L	0,31	0,36	0,55	0,55	0,72	0,64	0,27	0,64	0,91	0,91	0,72	0,36	0,18	0,64	0,25	0,36
	A	0,11	0,16	2,00	0,50	0,79	0,41	0,15	0,46	0,83	0,83	0,52	0,13	0,05	0,70	0,09	0,20
9,60%																	
18.a cont	C	0,55	0,27	0,18	2,00	0,27	1,00										
	L	0,36	0,18	0,09	0,18	0,27	0,55										
	A	0,20	0,05	0,02	0,36	0,07	0,99										
6,10%																	
18.c	C	0,36	0,36	0,55	0,91	0,72	1,09	1,09	1,00	0,55	0,91	0,55	0,36				
	L	0,18	0,27	0,36	0,72	0,72	0,91	0,72	1,09	0,36	0,36	0,36	0,18				
	A	0,07	0,10	0,20	0,65	0,52	0,99	0,78	1,96	0,20	0,33	0,20	0,07				
4,20%																	
18.d	C	0,72	0,55	1,09	0,55	0,55	0,55	0,64	1,00	1,45							
	L	0,64	0,55	0,72	0,36	0,55	0,11	0,36	0,91	0,64							
	A	0,46	0,30	0,78	0,20	0,30	0,06	0,23	0,91	0,93							
22,30%																	
44.a	C	2,36	3,64	2,36	2,36	1,64											
	L	2,18	2,18	2,00	1,27	0,91											
	A	5,15	7,94	4,72	3,00	1,49											
17,00%																	
44.b	C	1,36	1,27	0,91	0,64	0,55	3,82	1,64	1,55	0,27							
	L	0,81	0,81	0,55	0,18	0,55	2,73	0,91	1,27	0,15							
	A	1,10	1,03	0,50	0,12	0,30	10,43	1,49	1,97	0,04							
11,00%																	
44.c	C	0,72	0,64	1,27	0,72	0,72	1,09	2,73	0,27	1,00	1,64	0,18					
	L	0,45	0,36	1,00	0,45	0,36	0,91	2,36	0,18	0,82	0,18	0,18					
	A	0,32	0,23	1,27	0,32	0,26	0,99	6,44	0,05	0,82	0,29	0,03					
10,10%																	
45.a	C	0,64	2,00	1,09	1,27	1,27	0,82	0,55	0,64	1,45	0,91	0,72	0,36	0,91			
	L	0,45	2,00	0,72	0,72	0,72	0,55	0,55	0,36	0,36	0,55	0,72	0,27	0,64			
	A	0,29	4,00	0,79	0,91	0,91	0,45	0,30	0,23	0,52	0,50	0,52	0,10	0,58			
100%																	
60,00% clasto (sienito)																	
90,00% clasto (sienito)																	
45.f	C	3,64	1,27	1,09	0,72	0,91	0,72	0,64	0,72								
	L	0,91	0,91	0,72	0,64	0,72	0,64	0,64	0,36								
	A	3,31	1,16	0,78	0,46	0,66	0,46	0,41	0,26								
7,50%																	
17.a	C	1,00	0,91	1,18	1,91	0,72	0,91	0,36	0,45	1,45	1,27	0,64					
	L	0,64	0,72	0,27	1,27	0,64	0,64	0,24	0,36	1,09	1,09	0,18					
	A	0,64	0,66	0,32	4,23	0,46	0,58	0,09	0,16	1,58	1,38	0,11					
100%																	
100% clasto (traquito)																	

$$n_{CL} = 34,30\%$$

$$n_{ME} = 65,70\%$$

TABELA 6

Medida da dimensão (C, comprimento; L, largura em cm) e área (A, em cm²) de clastos em secções delgadas e sua relação com a matriz (M, média percentual; CL, clastos; MZ, matriz), das brechas de Lajeado 4.

															% clastos	
16	C	0,55	1,27	1,09	2,73	0,45	1,45	3,67							10,10%	
	L	0,45	0,81	0,72	0,55	0,18	0,81	1,45								
	A	0,25	1,03	0,78	1,50	0,08	1,17	5,32								
16	C	2,55	1,80	1,80	4,55	2,55									25,80%	
	L	1,64	1,45	0,55	2,73	22,18										
	A	4,18	2,61	0,99	12,40	5,56										
16.a	C	1,00	1,81	1,45	0,82	0,72	1,09	0,55	1,64	1,64	0,72				11,00%	
	L	0,55	1,36	1,45	0,55	0,55	0,72	0,36	0,72	1,45	0,72					
	A	0,55	2,46	2,10	0,45	0,40	0,79	0,20	1,18	2,38	0,52					
16.c	C	5,00	2,72	0,91	0,91	1,45	0,64	0,72	0,81	1,00	0,72	0,55	0,81	2,18	2,18	23,40%
	L	1,81	1,18	0,45	0,55	0,91	0,55	0,72	0,64	0,55	0,45	0,45	0,64	1,27	1,45	
	A	9,05	3,21	0,41	0,50	1,32	0,35	0,52	0,52	0,55	0,32	0,25	0,52	2,76	3,16	
16.d	C	1,64	1,81	2,55	7,64											57,20%
	L	1,09	1,45	2,18	6,18											
	A	1,79	2,63	5,56	47,20											
16.e	C	1,81	1,09	2,55	1,45	1,36	1,09	1,45	2,36	2,72						20,80%
	L	1,81	0,91	0,91	1,18	1,27	0,55	0,72	2,18	1,45						
	A	3,28	0,99	2,31	1,71	1,73	0,60	1,04	5,14	3,94						
16.e	C	1,27	1,27	1,81	1,81	1,45	0,91	0,72	2,71	6,0						44,50%
	L	0,64	0,91	0,91	0,91	0,91	0,55	0,36	1,64	5,45						
	A	0,81	1,16	1,65	1,65	1,32	0,50	0,26	4,46	32,70						
16.e	C	1,09	0,36	2,18	0,55	1,27	1,81	1,45	3,27	2,36						22,00%
	L	0,72	0,36	1,45	0,27	1,27	0,91	1,27	2,36	2,09						
	A	0,79	0,12	3,16	0,15	1,61	1,65	1,84	7,72	4,93						
16.e	C	0,55	2,55	1,81	3,27	1,81	1,27	3,09	1,72	1,81						20,30%
	L	0,55	1,09	0,91	1,64	1,45	1,00	1,09	0,55	1,09						
	A	0,30	2,78	1,65	5,36	2,63	1,27	3,37	0,95	1,97						
16.b	C	1,64	1,45	1,27	2,55	0,91	1,27	0,91	0,91	0,72	0,55	1,09	0,91	2,09	16,90%	
	L	1,44	1,27	0,91	1,00	0,36	0,81	0,64	0,55	0,36	0,36	1,09	0,81	2,00		
	A	2,36	1,84	1,16	2,55	0,33	0,83	0,58	0,50	0,26	0,20	1,19	0,73	4,18		

$$M_{CL} = 25,20\%$$

$$M_{MZ} = 74,80\%$$

TABELA 7

Medida da dimensão (C, comprimento; L, largura em cm) e área (A, em cm²) de clastos em secções delgadas e sua relação com a matriz (M, média percentual; CL, clastos; MZ, matriz), das brechas do Arroio Barro Vermelho.

50	C	0,36	0,72	0,55	1,00	0,36	0,91	0,36	0,36	1,81	0,91	2,55	0,72	0,36	3,09	17,30%
	L	0,36	0,27	0,36	0,64	0,18	0,45	0,27	0,18	1,64	0,64	1,64	0,55	0,27	2,36	
	A	0,13	0,19	0,20	0,64	0,06	0,41	0,10	0,06	2,97	0,58	4,18	0,40	0,10	7,29	
																$n_{MZ} = 82,70\%$

TABELA 8

Medida da dimensão (C, comprimento; L, largura em cm) e área (A, em cm²) de clastos em secções delgadas e sua relação com a matriz (M, média percentual; CL, clastos; MZ, matriz), das brechas da Antena.

42.c	C	1,73	2,91	2,00	0,36	0,36	0,45	1,81	2,36	0,72	3,64	0,55	0,55	0,55	2,18	3,81	42,10%	
	L	0,72	2,64	1,09	0,18	0,27	0,36	0,72	1,91	0,45	2,36	0,36	0,36	0,45	1,64	1,81		
	A	1,25	7,68	2,18	0,06	0,10	0,16	1,30	4,51	0,32	8,59	0,20	0,20	0,25	3,57	6,90		
42.c	C	0,72	2,36															
	L	0,72	1,81															
	A	0,52	4,27															
42.a	C	1,91	1,45	1,45	3,09	0,91	0,72	0,72	0,72	4,18	1,64	0,72	0,72	0,27	1,09	33,20%		
	L	1,18	1,09	1,09	1,91	0,91	0,36	0,72	0,64	3,82	1,09	0,55	0,64	0,18	1,09			
	A	2,25	1,58	1,58	5,90	0,83	0,26	0,52	0,46	16,00	1,79	0,40	0,46	0,05	1,19			
42.g	C	2,91	1,64	0,55	0,91	1,09	2,00	0,91	0,91	1,81	3,82	1,27	0,91	1,64	30,80%			
	L	2,18	1,27	0,55	0,64	0,81	0,91	0,55	0,72	0,45	3,55	0,64	0,91	0,91				
	A	6,34	2,08	0,30	0,58	0,88	1,82	0,50	0,66	0,82	13,56	0,91	0,83	1,49				
42.c	C	2,73	0,72	1,64	1,27	2,09	0,55	1,81	2,36	0,55	2,91						22,20%	
	L	2,09	0,27	1,55	0,55	1,27	0,55	0,72	1,64	0,36	1,64							
	A	5,71	0,19	2,54	0,70	2,65	0,30	1,30	3,87	0,20	4,77							
43.a	C	10,00															40,00%	
	L	4,00																
	A	40,00																
43	C	10,00															45,50%	
	L	4,55																
	A	45,50																
43'	C	10,00															100%	
	L	10,00																
	A	100,00																
																	$n_{cL} = 44,80\%$	
																	$n_{MZ} = 55,20\%$	

TABELA 9

Medida da dimensão (C, comprimento; L, largura em cm) e área (A, em cm²) de clastos em secções delgadas e sua relação com a matriz (M, média percentual; CL, clastos; MZ, matriz), das brechas de Barro Vermelho.

31.b	C	5,45	1,09	1,64	2,09	1,81											100%		
	L	2,55	0,55	0,72	0,72	1,45	+ o restante de quartzito												
	A	13,90	0,60	1,18	1,50	2,62													
31.a	C	4,91	7,09	3,09	1,64											55,70%			
	L	4,55	3,09	3,09	1,09														
	A	22,50	21,90	9,55	1,79														
31.c	C	7,82	3,09	7,09	1,27											64,70%			
	L	4,91	1,09	3,09	0,81														
	A	38,40	3,37	21,90	1,03														
31.d	C	1,64	4,18	1,09	3,27	3,09	1,81	10,00	0,55								69,20%		
	L	0,81	2,36	0,91	0,55	2,18	0,55	4,73	0,36										
	A	1,33	9,86	0,99	1,80	6,74	1,00	47,30	0,20										
31.e	C	10,00	6,00	1,36	1,09	0,81	1,27	1,27	1,36	1,64	1,64	1,18	0,55	1,81	1,64	0,36	28,30%		
	L	0,91	0,72	0,55	0,27	0,27	0,18	0,91	0,72	1,45	0,64	1,18	0,55	0,81	0,81	0,45			
	A	9,10	4,32	0,75	0,29	0,22	0,23	1,16	0,98	2,38	1,05	1,39	0,30	1,47	1,18	0,16			
31.e	C	2,00	0,91																
	L	1,27	0,91																
	A	2,54	0,83																
31.f	C	6,55	3,64	9,09	2,91	3,27	1,64	1,00	9,45	1,64								80,70%	
	L	0,72	2,55	2,00	1,45	0,91	0,36	0,55	4,18	0,45									
	A	4,72	9,28	18,18	4,22	2,98	0,59	0,55	39,50	0,74									
31.g	C	7,64	1,27	9,27													52,00%		
	L	3,09	0,27	4,36															
	A	11,20	0,34	40,42															
31.i	C	3,45	2,18	5,09	0,18	1,64												58,70%	
	L	1,27	1,27	4,18	3,45	1,27													
	A	4,38	2,77	21,30	20,20	2,08													
31.i	C	5,45	2,36	1,09	3,27	1,09	1,09	0,91	0,64	0,81	2,18	1,55	1,64	1,45	4,55			33,50%	
	L	1,18	0,36	0,27	0,72	0,36	0,45	0,72	0,55	0,45	1,27	0,55	1,09	0,72	3,27				
	A	6,43	0,85	0,29	2,35	0,39	0,49	0,66	0,35	0,36	2,77	0,85	1,79	1,04	14,90				
31.m	C	1,45	1,64	1,18	5,27	1,81												15,50%	
	L	0,18	0,18	0,72	2,36	0,91													
	A	0,27	0,30	0,85	12,40	1,64													

$$M_{CL} = 55,80\%$$

$$M_{MZ} = 44,20\%$$

VI. QUIMICA MINERAL

Neste capítulo são discutidos os dados coligidos com a microsonda eletrônica sobre o quimismo de feldspatos e piroxênios das brechas vulcânicas do maciço de Tunas.

Devido ao tamanho reduzido dos minerais constituintes da matriz dessas rochas, torna-se necessária uma análise mais detalhada para a sua melhor caracterização petrográfica, uma vez que o microscópio convencional apresenta algumas limitações.

6.1. Feldspatos

Feldspatos são os principais minerais integrantes tanto da matriz, quanto dos clastos essenciais e acessórios das brechas. Eles perfazem cerca de 60-80% da matriz, chegando mesmo em alguns clastos a atingir até 100%.

Foram analisadas oito amostras de pontos diversos para SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , CaO e K_2O (Tabela 10). As fórmulas estruturais foram calculadas na base de 32 oxigênios, com as posições T (Si e Al) ocupadas por somas catiônicas que se aproximam de 16 e as posições M (Ca, Na e K) de 4, mantendo, assim, a estequiometria (ULBRICH, 1963).

Outras treze amostras foram analisadas para Na_2O , CaO e K_2O , caracterizando-se, assim, mais 54 grãos em termos dos componentes albita (Ab), anortita (An) e ortoclásio (Or) (Tabela 11). Nessas seções foram examinados quer feldspatos da matriz, quer de alguns clastos, para fins de análise comparativa dos dados.

Os resultados dessa última tabela foram projetados em diagramas convencionais Or-Ab-An, conforme o corpo de ocorrência (Figs. 5 a 10).

Em Lajeado 1 (Fig. 5), observa-se grande concentração no campo da albita, com pequena distribuição até o campo do ortoclásio, e ocorrência de poucas micropertitas de composição intermediária. Os clastos essenciais e acessórios possuem proporções semelhantes desses componentes.

Em Lajeado 2 (Fig. 6), poucas amostras foram analisadas devido à alteração da matriz, mas nota-se também que há maior concentração de feldspatos mais sódicos.

Nas amostras de Lajeado 3 (Fig. 7) os feldspatos são potássicos, verificando-se, porém, em um determinado clasto a presença de albita. Este clasto é definido como sendo de composição micro-sienítica.

Os feldspatos de Lajeado 4 (Fig. 8) possuem distribuição mais ampla, ocorrendo tipos sódicos, potássicos e fenocristais ou clastos essenciais de composição intermediária entre albita e anortita.

Nas brechas de Barro Vermelho, face à escassez de matriz, torna-se mais difícil uma melhor definição de seus minerais constituintes, sendo que os dois grãos analisados são de clastos essenciais definidos como plagioclásio de composição labradorítica (Fig. 9).

Nas brechas da Antena nota-se grande dispersão dos pontos (Fig. 10), porém ao contrário das anteriores, existem poucos feldspatos sódicos. Aparecem desde ortoclásios até anortoclásios (nomenclatura segundo DEER et al., 1963, Fig. 11) e plagioclásios de composições diversas, entre andesina e labradorita. Os tipos mais cálcicos ocorrem em clastos essenciais, caracterizados como fenocristais de feldspato.

Os feldspatos supostamente zonados foram analisados com pontos nas bordas e no centro dos cristais, sendo a variação composicional praticamente insignificante. Quando o zoneamento se faz presente, os grãos contêm mais Na₂O no centro e mais K₂O nas bordas (Tabela 10), ou ainda, mais Na₂O nas bordas e mais CaO no centro. O zoneamento é verificado ao microscópio pela extinção concêntrica dos minerais.

Com base no trabalho de FODOR et al. (1977), que realizaram comparação entre os dados químicos dos fragmentos e da matriz do condrito Rio Negro, PR, foram feitos levantamentos sobre a frequência das ocorrências de diferentes porcentagens das moléculas de Ab (Fig. 12), An (Fig. 13) e Or (Fig. 14) para os feldspatos da matriz das brechas e feldspatos das demais rochas que constituem o maciço (dados segundo GOMES et al., 1987) e que são encontradas como clas-

tos acessórios das brechas..

Na Figura 12 observa-se, para a molécula de Ab que há uma frequência praticamente constante para porcentagens diferentes de albita, com queda entre 30-40% nos feldspatos das brechas. Nas encaixantes essa constância se estende até 60% de Ab, onde tem-se um aumento da frequência, que atinge maior valor entre 90 e 100% da molécula de Ab.

Para a molécula de An (Fig. 13), verifica-se que os feldspatos das brechas são empobrecidos em CaO, porém, com grande variação até 70-80%. Junto às encaixantes a frequência é maior para minerais com pouco CaO e menor para aqueles alcançando até 70-80% de An.

Na Figura 14 nota-se empobrecimento em K₂O na matriz das brechas e pequena frequência de minerais com até 90-100% de Or. Nas encaixantes, também há maior quantidade de minerais com baixa molécula de Or, porém a frequência é maior, em relação às brechas, de minerais com 70-100% de K₂O.

Comparando-se esses dados, tem-se que o quimismo dos feldspatos das brechas está diretamente relacionado com a composição dos feldspatos das demais rochas constituintes do maciço, não se tendo registrado perdas ou ganhos significativos, em termos das moléculas de Ab, An e Or, exceto pequenas variações. Estas são evidentes principalmente para o componente Or, onde se nota diminuição do teor de K₂O das brechas em relação às encaixantes, e para o termo An, com aumento de CaO a partir das encaixantes para as brechas.

TABELA 10
Composição química de feldspatos de brechas vulcânicas de Tunas (B, borda; N, núcleo).

	45.b	45.b	45.b	45.f B	45.f N	45.f B	45.f	16.a	16.b	16.b	42.a	42.a B	42.a N	42.a
SiO ₂	67,10	65,80	65,90	61,80	63,20	61,90	64,60	66,70	65,20	59,30	59,90	61,00	60,70	47,10
Al ₂ O ₃	21,20	21,40	21,70	21,00	20,90	20,40	21,80	21,20	23,40	28,20	22,20	22,40	22,20	35,30
CaO	0,23	0,19	0,44	0,07	0,12	0,02	0,04	4,44	3,19	7,22	12,30	1,32	1,14	16,60
Na ₂ O	11,00	10,90	10,90	4,38	7,56	1,39	11,90	9,49	8,78	6,97	5,01	8,11	7,54	2,38
K ₂ O	1,33	2,00	1,40	10,80	6,52	16,50	0,23	0,38	0,29	0,18	1,11	6,28	7,62	0,83
Total	100,86	100,29	100,34	98,96	98,30	100,27	98,58	102,21	100,86	101,87	100,52	99,19	99,20	102,20
Si	11,7581	11,6003	11,5806	11,5039	11,5657	11,5291	11,5200	11,5335	11,3438	10,3670	10,7762	11,1688	11,1646	8,4963
Al	4,3568	4,4404	4,4950	4,6004	4,4956	4,4811	4,5886	4,3172	4,8013	5,8090	4,7176	4,8207	4,8060	7,5231
Ca	0,0435	0,0364	0,0838	0,0143	0,0239	0,0041	0,0077	0,8239	0,5949	1,3519	2,3692	0,2594	0,2249	3,2092
Na	3,7247	3,7542	3,7119	1,5812	2,6811	0,5845	4,1094	3,1820	2,9660	2,3609	1,7488	2,8782	2,6878	0,8348
K	0,2974	0,4508	0,3131	2,5729	1,5209	3,9273	0,0530	0,0846	0,0651	0,0403	0,2549	1,4656	1,7861	0,1922
Z	16,0	16,0	16,1	16,1	16,1	16,0	16,1	15,9	16,1	16,2	15,5	16,0	16,0	16,0
X	4,0	4,2	4,1	4,2	4,2	4,4	4,2	4,1	3,6	3,7	4,4	4,6	4,7	4,2
molx	Ab	91,60	88,50	90,30	38,00	63,40	11,40	98,50	77,00	81,80	62,90	40,00	62,50	57,20
	An	1,10	0,90	2,10	0,30	0,60	0,10	0,20	20,10	16,40	36,00	54,20	5,60	4,80
	Or	7,30	10,60	7,60	61,70	36,00	88,50	1,30	2,10	1,80	1,10	5,80	31,80	38,00
		4,50												
	42.b B	42.b N	42.b B	42.b B	42.b N	42.b B	42.b	42.c	42.c N	42.c N				
SiO ₂	58,90	64,00	59,20	55,70	58,30	54,90	63,40	51,60	66,20	66,70				
Al ₂ O ₃	26,30	20,80	26,00	30,10	24,50	29,10	21,10	33,00	18,60	18,20				
CaO	4,20	7,23	6,78	5,99	10,90	1,67	2,71	14,80	0,02	0,30				
Na ₂ O	6,94	7,22	7,60	5,15	5,38	5,83	8,38	2,97	2,67	2,02				
K ₂ O	4,31	0,97	3,62	3,62	1,09	7,22	4,96	0,21	12,70	13,20				
Total	100,65	100,22	101,60	100,56	100,17	98,72	100,55	102,58	100,19	100,42				
Si	10,5708	11,3642	10,4569	9,9963	10,5125	10,1396	11,3778	9,1528	12,0420	12,1055				
Al	5,5663	4,3607	5,5721	6,3633	5,2085	6,3300	4,4635	6,9017	3,9761	3,8978				
Ca	0,0803	1,3768	1,2826	1,1522	2,0975	0,3305	0,5215	2,8862	0,0040	0,0600				
Na	2,4144	2,4863	2,6012	1,7915	1,8784	2,0895	2,9190	1,0216	0,9423	0,7111				
K	0,9867	0,2210	0,2897	0,8289	0,2508	1,7011	1,1362	0,0496	2,9531	3,0532				
Z	16,1	15,7	16,0	16,3	15,7	16,5	15,8	16,0	16,0	16,0				
X	4,2	4,1	4,2	3,8	4,2	4,1	4,6	3,9	3,9	3,8				
molx	Ab	57,40	60,90	62,30	47,50	44,40	50,70	63,80	26,30	24,20				
	An	19,20	33,70	30,70	30,50	49,60	8,00	11,40	72,40	0,10				
	Or	23,40	5,40	7,00	22,00	6,00	41,30	24,80	1,30	75,70				

TABELA 11

Composição molecular (%) aproximada de feldspatos da matriz (mz) e de clastos (c) de brechas vulcânicas de Tunas.

amostra nº	44.a c	44.a c	44.a MZ	44.a MZ	44.a MZ	44.d c	44.d c	44.d c	44.d MZ	44.d MZ	44.d MZ	44.d MZ
Ab	98,20	94,50	96,30	94,50	2,96	95,20	34,60	94,10	93,50	13,10	95,80	95,30
An	0,45	4,36	2,60	2,02	0,00	3,32	1,39	3,01	4,73	0,84	3,35	3,33
Or	0,89	1,10	1,09	3,44	95,70	1,47	64,40	2,89	1,77	85,10	0,81	1,35
Total	99,54	99,96	99,99	99,96	98,66	99,99	100,39	100,00	100,00	99,04	99,96	99,98

amostra nº	44.e c	44.e c	44.e c	44.e MZ	45.a MZ	45.a MZ	45.a MZ	45.a MZ	45.a MZ	45.e MZ	45.e MZ	45.e MZ
Ab	30,70	86,20	84,00	13,30	96,40	89,40	7,71	95,70	96,10	53,00	64,50	87,80
An	0,50	13,10	13,10	1,40	3,22	4,12	0,14	1,09	3,02	1,70	2,58	7,14
Or	68,80	0,77	1,30	85,30	0,34	6,45	92,20	1,42	1,06	44,40	33,00	3,19
Total	100,00	100,07	98,40	100,00	99,96	99,97	100,05	98,21	100,18	99,90	100,08	98,13

pertitas

amostra nº	45.b c	45.b c	45.b MZ	46.b MZ	46.b MZ	46.b MZ	48.a c	48.d MZ	48.e c	48.f MZ	49.e c	49.f MZ
Ab	98,50	99,00	96,40	93,50	98,10	93,10	24,90	6,76	5,34	4,74	98,90	5,23
An	0,90	0,32	1,88	4,02	2,03	4,68	0,00	0,59	0,00	0,00	0,05	0,00
Or	0,63	0,64	1,24	2,45	1,42	2,22	75,10	93,40	94,70	95,30	1,01	94,00
Total	100,03	99,96	99,52	99,97	101,55	100,00	100,00	100,75	100,04	100,04	99,96	100,03

amostra nº	49.g MZ	49.h MZ	16.d MZ	16.e MZ	16.f c	16.g MZ	42.a MZ	42.c MZ	43.d MZ	43.e MZ	43.e MZ	43.f MZ
Ab	22,40	0,03	22,60	40,70	74,00	38,40	62,70	51,40	65,60	76,50	27,40	68,50
An	0,30	0,40	1,44	11,00	21,70	59,80	35,30	47,00	1,72	1,39	0,06	1,19
Or	75,90	89,70	77,20	39,10	4,33	1,88	2,35	1,61	32,60	26,30	72,60	31,30
Total	98,60	98,13	101,24	98,80	100,03	100,08	100,35	100,01	99,92	102,87	100,06	100,99

pertitas

amostra nº	43.g MZ	43.h MZ	43.i MZ	31.b MZ	31.b MZ
Ab	11,40	75,50	98,40	35,70	22,60
An	0,05	1,29	0,01	62,50	1,44
Or	88,60	23,70	1,57	1,77	77,20
Total	100,05	100,49	99,98	99,97	101,24

Figura 5 - Composição dos feldspatos da matriz (x) e de alguns clastos (•) de brechas vulcânicas de Lajeado I, expressa em termos das moléculas de Or, Ab e An.

Figura 6 - Composição dos feldspatos da matriz (x) de brechas de Lajeado 2 expressa em termos das moléculas de Or, Ab e An.

Figura 7- Composição de feldspatos da matriz e clastos de brechas de Lajeado 3, expressa em moléculas de Or, Ab e An. Símbolos como na Figura 5.

Figura 8 - Composição de feldspatos da matriz, de clastos acessórios e de fenocristais(+) de brechas de Lajeado 4, expressa em moléculas de Or, Ab e An. Símbolos como na Figura 5.

Figura 9 - Composição de feldspatos de fenocristais de brechas de Barro Vermelho, expressa em moléculas de Or, Ab e An. Símbolos como na Figura 5.

Figura 10 - Composição de feldspatos da matriz e fenocristais de brechas da Antena, expressa em moléculas de Or, Ab e An. Símbolos como na Figura 5.

Figura 11 - Diagrama ilustrando a solução sólida nos feldspatos. Está também indicada a nomenclatura da série dos plagioclásios e dos feldspatos alcalinos de alta temperatura. (reproduzido de DEER et al., 1963).

Figura 12 - Histogramas mostrando a composição dos feldspatos da matriz das brechas e das rochas encaixantes, segundo a porcentagem da molécula de Ab.
Dados das encaixantes : conforme GOMES et al. (1987).

Figura 13 - Histogramas em porcentagem da molécula de An de feldspatos da matriz de brechas vulcânicas e de rochas encaixantes. Dados da encaixante : conforme GOMES et al. (1987).

Figura 14 - Histogramas, em porcentagem da molécula de Or de feldspatos da matriz de brechas vulcânicas e de rochas encaixantes. Dados da encaixante : conforme GOMES et al. (1987).

6.2. Piroxênios

Embora os piroxênios sejam o segundo principal constituinte da matriz das brechas, poucos dados de microsonda foram obtidos para esses minerais, devido à sua intensa biotitização e, consequentemente, dificuldade de execução de boas análises.

Foram analisadas apenas cinco amostras, totalizando 11 grãos (Tabela 12) para SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, FeO, MnO, MgO, CaO e Na₂O, sendo o FeO expresso como ferro total e, posteriormente, calculado como FeO e Fe₂O₃, com base nos trabalhos de RUBERTI (1983) e ULBRICH & ULBRICH (1982).

As fórmulas estruturais foram calculadas na base de 6 átomos de oxigênio. Tendo-se a fórmula geral sugerida por DEER et al. (1968):

onde: W = Ca, Na; X = Mg, Fe²⁺, Mn; Y = Al, Fe³⁺; Z = Si e Al, e sendo as posições M2 ocupadas por cátions W, M1 por X e Y e T por Z, para os piroxênios das brechas de Tunas tem-se a seguinte situação: posição T ocupada por Si e/ou Al e, em alguns casos por Fe³⁺; M2 preenchido principalmente por Ca e, subordinadamente, por Na; M1 por Mg, pouco Mn, Fe²⁺, Fe³⁺ e pouco Al.

Posteriormente, foram analisadas outras cinco amostras apenas para CaO, MgO e FeO, tendo sido observados mais oito grãos e calculadas as proporções moleculares de Ca, Mg e Fe (Tabela 13). Os dados obtidos foram projetados no trapézio composicional CaMg-CaFe-Fe-Mg, conforme Figura 15. Não se separou os pontos por corpo de ocorrência, como nos feldspatos, devido à escassez de dados.

Para Lajeado 1 verifica-se concentração no campo da ferroaugita, quase no limite com a ferrossalita. Para as amostras de Lajeado 2 e 3 os resultados coligidos foram insatisfatórios.

Em Lajeado 4 ocorre dispersão de pontos nos campos da augita e da salita, com maior proporção no primeiro, ao lado da maior quantidade da molécula de Ca para essas rochas.

As amostras da Antena concentram-se também nos campos da augita e salita, porém, mais próximas do limite entre eles.

A distribuição dos piroxênios das brechas de Barro Vermelho é mais ampla, ocorrendo pontos nos campos da salita e da ferrosalita, com quantidades elevadas da molécula de Ca, quase ultrapassando o limite do trapézio composicional na sua parte superior.

Para os piroxênios não se observou zoneamento composicional, embora ao microscópio tenha sido verificada variação de cores do centro para as bordas desses minerais.

Tomando-se por base o trabalho de FODOR et al. (1977), e a exemplo dos feldspatos, foram também elaborados para os piroxênios histogramas de frequência para as diferentes porcentagens das moléculas de Ca (Fig. 16); Mg (Fig. 17) e Fe (Fig. 18) para a matriz das brechas e para os dados fornecidos por GOMES et al. (1987) para as demais rochas do maciço, encontradas como clastos acessórios das brechas.

Na Figura 16 nota-se um aumento relativo da molécula de Ca no sentido das encaixantes para a matriz das brechas, com maiores concentrações entre 40-50% e 50-60%, respectivamente.

Para o Mg verifica-se certa constância de dados, sendo que tanto para as encaixantes quanto para as brechas, tem-se maior frequência de casos entre 30-40%. Contudo, nas brechas existem exemplos de maior proporção da molécula de Mg, o que não se verifica nas encaixantes.

Na Figura 18 observam-se frequências semelhantes entre 10-20% da molécula de Fe, registrando-se diminuição entre 20-30% para as brechas e depois aumento considerável entre 30-40% de Fe. A partir de 50% de Fe só ocorrem piroxênios das encaixantes.

Como observado para os feldspatos, o quimismo dos piroxênios mostra-se, também, em linhas gerais relativamente constante para brechas e demais rochas constituintes do maciço, com pequenas diversidades principalmente para a molécula de Fe, que diminui das encaixantes para as brechas.

TABELA 12

Composição química de piroxênios de brechas vulcânicas de Tunas ($\text{Fe}^* = \text{Fe} + \text{Mn}$).

	16.a	16.a	16.a	16.b	16.b	16.b	31.a	31.a	42.a	42.a	42.a
SiO_2	51,20	52,50	51,30	55,10	46,00	41,90	50,60	52,40	45,80	51,00	55,00
TiO_2	0,22	0,17	0,13	0,12	0,12	0,17	0,10	0,10	1,44	0,86	0,02
Al_2O_3	0,40	-	0,04	1,05	2,70	9,86	2,47	0,14	5,42	1,69	-
FeO_T	13,80	13,80	11,70	15,20	12,00	16,70	11,30	8,64	9,54	10,70	11,40
MnO	1,04	1,12	1,24	1,03	1,10	1,25	0,46	0,61	0,33	0,45	0,71
MgO	12,10	12,10	11,50	11,60	11,20	11,70	12,70	13,60	14,00	14,40	13,70
CaO	19,60	19,60	25,40	17,50	26,60	19,80	22,10	23,40	20,90	20,70	21,30
Na_2O	0,66	0,48	0,49	0,32	0,47	0,25	0,14	0,15	0,60	0,51	0,23
Total	99,02	100,57	101,80	101,92	100,19	101,63	99,87	99,04	98,03	100,31	102,36
Fe_2O_3	2,38	1,39	5,02	0,00	10,60	11,20	2,00	0,96	6,10	2,65	0,58
FeO	11,70	12,60	7,17	15,20	2,45	6,63	9,54	7,78	4,05	8,36	10,90
Total	99,30	100,76	102,29	101,92	101,24	102,76	100,11	99,14	98,64	100,62	102,44
Si^{IV}	1,9748	1,9931	1,9419	2,0387	1,7959	1,6178	1,9184	1,9856	1,7691	1,9150	2,0156
Al^{IV}	0,0181	-	0,0018	-	0,1243	0,3821	0,0016	0,0063	0,2309	0,0747	-
Fe^{IV}	0,0071	0,0069	0,0563	-	0,0798	-	-	0,0081	-	0,0103	-
Al^{VI}	-	-	-	0,0460	-	0,0661	0,0289	-	0,0154	-	-
Fe^{VI}	0,0620	0,0328	0,0865	-	0,2328	0,3257	0,0571	0,0193	0,1773	0,0645	0,0159
Fe^{II}	0,3775	0,4002	0,2267	0,4718	0,0801	0,2137	0,3026	0,2464	0,1309	0,2623	0,3335
Ti	0,0063	0,0048	0,0037	0,0036	0,0035	0,0048	0,0028	0,0029	0,0416	0,0243	0,0006
Mn	0,0340	0,0361	0,0397	0,0325	0,0365	0,0411	0,0148	0,0198	0,0107	0,0143	0,0223
Mg	0,6972	0,6859	0,6481	0,6382	0,6535	0,6711	0,7161	0,7670	0,8047	0,8060	0,7508
Ca	0,8081	0,8246	1,0310	0,6924	1,1142	0,8207	0,8959	0,9476	0,8631	0,8333	0,8367
Na	0,0495	0,0355	0,0357	0,0231	0,0356	0,0193	0,0102	0,0107	0,0449	0,0373	0,0170
Total	4,0346	4,0199	4,0714	3,9464	4,1562	4,1625	4,0284	3,9939	4,0886	4,0420	4,1775
mol%	Ca 40,70	41,50	49,40	37,70	50,70	39,80	45,10	47,20	43,40	41,90	42,70
	Mg 35,10	34,50	31,00	34,80	29,70	32,60	36,00	38,20	40,50	40,50	38,30
	Fe* 24,20	24,00	19,60	27,90	19,50	28,20	18,90	14,60	16,10	17,70	19,00

TABELA 13
Composição molecular (%) aproximada de piroxênios da matriz de brechas vulcânicas de Tunas (44, Lajeado 1; 42 e 43, Antenas; 31, Barro Vermelho).

amostra nº	44.a	44.a	42.c	42.c	42.b	31.i	31.l	31.l
Ca	43,70	44,80	46,00	42,00	44,80	50,00	47,70	49,90
Mg	23,50	18,30	34,40	32,50	32,90	21,00	16,10	11,70
Fe	32,80	36,90	20,50	23,30	22,30	31,70	36,20	38,30
Total	100,00	100,00	100,90	97,80	100,00	102,70	100,00	99,90

Figura 15 - Composição de piroxênios da matriz de brechas vulcânicas de Tunas, expressa em termos das moléculas de Ca, Mg e Fe. (Lajeado 1, x ; Lajeado 4, + ; Antena, Δ e Barro Vermelho, $\square$).

Figura 16- Histogramas em porcentagem de Ca, de piroxênios da matriz de brechas vulcânicas e das rochas encaixantes. Dados das encaixantes: segundo GOMES et al. (1987).

Figura 17- Histogramas em porcentagem da molécula de Mg de piroxênios da matriz de brechas vulcânicas e das rochas encaixantes. Dados das encaixantes: segundo GOMES et al. (1987).

Figura 18- Histogramas em porcentagem da molécula de Fe de piroxênios da matriz de brechas vulcânicas e das rochas encaixantes. Dados das encaixantes: segundo GOMES et al. (1987).

VII. CONSIDERAÇÕES GERAIS E CONCLUSÕES

Foram consideradas como brechas as rochas que, segundo ULBRICH (1986), constituem-se de clastos angulosos a arredondados, maiores que 2 mm de diâmetro, formadas pela ação de processos ígneos, ou que acompanham processos ígneos. Esse autor inclui nessa definição tanto as brechas de origem vulcânica, quanto as de origem plutônica.

Essas rochas vêm sendo caracterizadas em trabalhos diversos essencialmente quanto à sua gênese, sem levar-se em consideração aspectos texturais, composicionais ou descritivos, tendo-se algumas exceções, como o trabalho de ULBRICH (1986). Vários autores propõem classificações baseadas nas causas de brechamento, ambientes de deposição ou de formação e localização, sem preocupação com a rocha-tipo.

As primeiras definições e classificações dadas a essas rochas baseavam-se em dados similares, relativos ao estudo de brechas sedimentares. WENTWORTH & WILLIAMS (1932, in LAJOIE, 1984) introduziram a classificação de fragmentos piroclásticos, semelhantes a clastos sedimentares, segundo o tamanho dos clastos, dividindo-os em: cinza fina (silte), cinza grossa (areia), lãpilli (seixo) e blocos e bombas (calhau).

Com base nessa classificação, FISHER (1961) separa os fragmentos em epiclásticos, resultantes do intemperismo de rochas vulcânicas; autoclásticos, formados por mecanismos de quebra ou explosão de gases durante o movimento da lava; piroclásticos, originados por explosão e projeção de chaminés vulcânicas. Essas rochas foram inicialmente definidas por FISHER (1960) como sendo compostas predominantemente de fragmentos vulcânicos angulares, maiores que 2 mm em tamanho, em matriz subordinada com determinada composição e textura, ou sem matriz, ou, também, compostas de fragmentos não vulcânicos em matriz vulcânica.

WRIGHT & BOWES (1963) discutem a classificação de FISHER (1960), devido à inclusão de brechas epiclásticas como sendo vulcânicas. Os autores questionam até que ponto uma brecha é vulcânica e a partir de onde passa a ser sedimentar, terminando por retirá-las

da classificação geral.

Essa definição também foi criticada por ULBRICH (1986), uma vez que nem todos os clastos de brechas se mostram angulosos, podendo ser também arredondados.

ULBRICH (1986) faz uma compilação das classificações introduzidas por FISHER (1960, 1966), WRIGHT & BOWES (1963) e PARSONS (1969) e caracteriza-as como questionáveis e às vezes, pouco práticas, em razão de serem todas baseadas na gênese. Propõe, assim, uma nova classificação para todas as brechas vulcânicas, subvulcânicas e plutônicas, enquadrando-as em função do ambiente geológico de colocação. A Tabela 14 resume essa proposta.

Com base nessa classificação, as brechas que ocorrem no maciço de Tunas são definidas como sendo subvulcânicas de conduto, do tipo intrusivas e tufisiticas, com presença subordinada de brechas de origem plutônica, divididas em cataclasitos e agmatitos.

A caracterização intrusiva dessas rochas se fez por comparação com dados da literatura de ocorrências de brechas mais recentes ou mais antigas, todas associadas a corpos alcalinos e comparação com a descrição dada por ULBRICH (1986). As brechas de Tunas formam corpos irregulares, superficialmente, indo de tipos arredondados a alongados, e possuem extensões variadas, de poucos metros até centenas de metros. A estrutura é geralmente maciça, reconhecendo-se no entanto, estruturas de fluxo em alguns corpos. Os clastos variam de angulosos a arredondados (menos comuns), em textura suportada por matriz, por matriz e clastos ou somente por clastos, sendo o último de ocorrência mais restrita. Essas brechas são sempre polimicticas com clastos essenciais (fenocristais de feldspato ou piroxênio), acessórios (sienitos, traquitos, bostonitos) e acidentais (filitos, quartzitos, piroxenitos, biotititos, metabasitos, etc.) em matriz muito fina a criptocristalina tufisitica.

A nível do país, um dos trabalhos que tratam da ocorrência de brechas vulcânicas em corpos alcalinos é o de ULBRICH (1984). Este autor caracteriza diversos tipos de brechas piroclásticas e rochas relacionadas supracrustais e intratelaúricas com associações de rochas epiclásticas, geradas em consequência do fenômeno vulcânico. As brechas intratelaúricas de conduto são do tipo intrusivo, com clastos métricos a centimétricos, arredondados até angulosos, com

A) Brechas de origem vulcânica-subvulcânica

1. Brechas supracrustais (subaéreas)

1.1. Brechas autoclásticas de derrame

brechas de derrames
brechas de ajuste
brechas de talus ou colúvio
brechas de colapso

1.2. Brechas de depósitos piroclásticos aerotransportados (tefra)

1.3. Brechas e depósitos piroclásticos de fluxo

ignimbritos
brechas e depósitos de "maare"

1.4. Brechas epigenéticas associadas ao vulcanismo: lahars

2. Brechas subvulcânicas de conduto

2.1. Brechas autoclásticas e xenolíticas de conduto (matriz ígnea)

2.2. Brechas explosivas de condutos

a. brechas não intrusivas

brechas de colapso
brechas de fragmentação ("shatter") e zonas "craquelées"

b. brechas intrusivas

brechas tufisíticas
aglomerados de conduto

B) Brechas de origem plutônica

Brechas de fricção e protoclásticas de borda (cataclasitos e milonitos)

Agmatitos e rochas plutônicas xenolíticas

Brechas de corpos plutônicos pequenos (diques e diatremas plutônicos similares às brechas subvulcânicas de conduto)

Brechas de substituição

Tabela 14 - Classificação de brechas de origem ígnea, segundo ULBRICH (1986).

pouca matriz ou clastos arredondados em abundante matriz, originadas por invasões de massas fluidizadas.

COUTINHO & MELCHER (1973), em levantamento geológico e petrográfico na Ilha do Monte de Trigo, SP, apontam a ocorrência de brechas magmáticas, formando espesso dique na sua parte leste, como uma das últimas ou a última manifestação magmática na área. Essas brechas, de composição complexa e variada de um ponto para outro, constituem-se de matriz muito fina, feldspática, com disseminação de fina poeira de magnetita e piroxênio diopsídico e fragmentos de dimensões, formas e natureza mineralógica diversa. Os autores não propõem para essas rochas qualquer classificação ou forma de colocação.

No distrito alcalino de Lajes, SC, a presença de brechas é relatada por SCHEIBE (1978), como afloramentos de brechas de chaminé, carbonatizadas, incluindo fragmentos de rochas sedimentares e básicas e, no contato, arenitos fenitizados. Adicionalmente, como afloramentos de brecha feldspática, interpretada como sendo o estágio final dos processos de fenitização, e penetrada por diques de berforsito ankerítico. SCHEIBE (1986) descreve essas estruturas como diatremas, com algumas delas apresentando feições mineralógicas de caráter kimberlítico. As brechas são vistas como originadas por atividade vulcânica final, profunda, com alta proporção de voláteis, correspondendo a produtos de processos complexos, sendo os kimberlitos, possivelmente formados a partir de processos metassomáticos (SCHEIBE, 1986).

VALENÇA (1980) descreve as intrusões alcalinas, não orogênicas, que ocorrem no Rio de Janeiro. Entre essas intrusões encontra-se o maciço de Itaboraí, constituído de nefelina sienitos lamprofíricos e fonolitos. Esse corpo possui brechas com fragmentos de tamanhos e formas variadas em matriz fonolítica a traquitica, apresentando estrutura de fluxo. Outra dessas intrusões é o complexo de Soarinho, que consiste de sienitos com quartzo, monzonitos com quartzo, sienitos saturados e "brechas intrusivas" ao norte e brechas e sienitos saturados ao sul. As brechas são tidas como de colocação tardia ao maciço, de estrutura anelar, com fragmentos de sienitos.

Ainda no estudo do Rio de Janeiro, KLEIN & VALENÇA (1984) discutem o mecanismo de colocação de brechas fluidizadas na área de

Cabuçu junto ao complexo alcalino de Mendanha. Essas brechas são descritas em quatro localidades diferentes (Cabuçu, Quarto-Crescente, Morro Manuel José e Torre da Embratel) e definidas como sendo vulcânicas aloclásticas e com uma ocorrência de vulcânicas autoclásticas, pela classificação de PARSONS (1969). A colocação desses corpos deu-se pela ascensão de magma alcalino de câmaras magmáticas secundárias por fissuras, com concentração de gases nas porções terminais e talvez, concomitantemente, superaquecimento de gnaisses encaixantes, detonando, então, a fragmentação do magma penetrante e também das encaixantes.

Em Amorinópolis, Goiás, DANNI (1985) relata a presença de focos subvulcânicos de magmatismo ultrabásico alcalino (perpotássico e sódico-potássico) e condutos vulcânicos formados por lavas, tufos e brechas piroclásticas, compostos de augititos, de traquibasaltos e de fonolitos. As brechas, ocorrendo em "pipes" no interior de diques anelares, compõem-se de fragmentos de rochas encaixantes, cimentados por zeólitas e calcita. Elas são definidas como "vents" conectados a uma câmara magmática mais profunda e submetida a descompressões episódicas com liberação de gases ricos em H₂O e CO₂, os quais, por processo de fluidização, promoveram o desenvolvimento dos "pipes".

SEER & MORAES (1988) estudam a região de Lagoa Formosa, MG, compreendendo rochas vulcânicas alcalinas que englobam depósitos piroclásticos, derrames, condutos vulcânicos e diques; depósitos piroclásticos predominam na base e derrames no topo. Nesse trabalho não há discussão sobre a origem, possíveis processos de formação ou tempo de colocação dessas rochas. As brechas que aparecem nos depósitos piroclásticos são apenas citadas pelos autores, com pequena descrição.

Trabalhos realizados em outros complexos, fora do Brasil, foram também consultados, entre eles, os de: LE BAS (1977) sobre Kisingiri, no oeste do Kenya, Africa; HEINRICH (1966) sobre rochas carbonatíticas; PHILPOTTS (1974) sobre a Província de Monteregian, Montreal; BARBIERI et al. (1984) e LANDI (1987) sobre o complexo vulcânico de Latera no distrito Vulsinian na Itália Central; e BREY & SCHMINCKE (1980), sobre Roque Nublo nas Ilhas Canárias.

Comparando-se todos esses trabalhos e incluindo aqui as brechas vulcânicas de Tunas, torna-se possível tecer algumas consi-

derações sobre a ocorrência de rochas fragmentadas em corpos alcali-
nos. Assim, verifica-se que esses complexos apresentam-se em geral
formados por fases magmáticas diversas, com as brechas se originando
nos estágios mais tardios. Elas são posteriores às demais litolo-
gias, além de conterem fragmentos angulosos a arredondados das en-
caixantes e das rochas alcalinas. Comumente derivam-se por processos
de fluidização, caracterizando brechas do tipo intrusivo, com grande
quantidade de matriz, sem um padrão de formas, que ocorrem como cor-
pos anelares, em faixas, etc.

Modelos de origem são propostos por WILLIAMS (1957, in
ULBRICH, 1986); GATES (1959); JOHNSTON & LOWELL (1961) em "pipes
fluidizados; WRIGHT & WALKER (1977), SPARKS et al. (1978), ambos in
DRUITT & SPARKS (1982); BIONDI (1979, 1982); NAIR & WIDADIRADJA
(1980), sobre brechas de explosão hidrotermal; FISHER & SCHMINCKE
(1984) sobre ignimbritos e ULBRICH (1986), entre outros. Demais mo-
delos descritos na literatura envolvem geralmente outros tipo de
fragmentos vulcânico, em adição às brechas, e não são, portanto re-
lacionados.

Em Tunas, as brechas vulcânicas formaram-se posteriormente
às demais rochas que compõem o maciço. Entre elas é possível dife-
renciar-se as que ocorrem nas bordas da intrusão daquelas que aflo-
ram nas suas porções mais centrais. As brechas de borda possuem ma-
triz mais fina, freqüentemente tendendo a criptocristalina, com in-
tensa recristalização dos clastos e maior quantidade de fragmentos
das rochas metassedimentares e metáigneas encaixantes do complexo.
As brechas mais centrais contêm proporção elevada de matriz quando
comparadas às anteriores. São de granulação mais grossa e exibem
muitas vezes estrutura de fluxo. Nota-se maior ocorrência de clastos
acessórios, sendo os acidentais representados por rochas derivadas
de maiores profundidades, como é o caso dos piroxenitos.

BIONDI (1974) define uma zonalidade marcante do centro pa-
ra as bordas de corpos de brecha, havendo maior selecionamento junto
às primeiras. Em Tunas, não se consegue distinguir essa zonalidade
dentro de um mesmo corpo de brechas, uma vez que as relações de con-
tato são pouco claras e, ainda mais, não é possível estabelecer-se a
forma real das ocorrências. Entretanto, aplicada essa definição em
relação ao tamanho dos clastos, verifica-se que deve haver maior se-

lecionamento do centro para as bordas do maciço.

As brechas de Tunas tiveram origem dentro de uma mesma fase, porém em estágios diferentes. O primeiro levou à formação de brechas constituídas apenas por clastos essenciais e acessórios, ocupando mais o centro do maciço. O segundo, englobando as rochas anteriores e os clastos acidentais, alcançam maiores dimensões e é responsável pela formação de todas as demais brechas. A exceção, Lajeado 4, corresponde a todas as formas de ocorrência do complexo.

Dos modelos propostos para a origem de brechas vulcânicas, admite-se para as rochas de Tunas aquele em que há participação de magma e transporte do material brechado, através de correntes fluidizadas, semelhante à formação de diatremas kimberlíticos. Em Tunas, entretanto, não se nota a existência de estratificação junto ao material formado, como observado pela maioria dos autores, devido à falta de perfis verticais característicos.

A fragmentação das rochas encaixantes se dá por circulação de água e de gases associados ao vulcanismo, que são responsáveis pela quebra do material sólido, envolvido posteriormente pelas correntes de magma ascendente.

Como sugerido por JOHNSTON & LOWELL (1961), tem-se inicialmente a remoção de rocha por soluções ascendentes durante um estágio jovem, colapso, brechamento da rocha e deposição na massa brechada.

A figura 19 contém um diagrama esquemático mostrando os possíveis estágios de formação de brechas intrusivas, compilado a partir de sugestões constantes de diferentes fontes.

Além das classificações fornecidas na literatura, propõe-se, ainda, para as rochas fragmentadas de Tunas classificações baseadas no tipo de clastos e no tipo de matriz existente.

Tendo-se como referência o tipo de clastos presentes, as brechas podem ser separadas apenas em três variedades:

1) brechas com clastos essenciais, acessórios e acidentais, formando o maior grupo; incluem-se aqui as ocorrências de Lajeado 1, Lajeado 2, Lajeado 3, Lajeado 4 e Antena;

2) brechas com clastos essenciais e acessórios, como no Arroio Barro Vermelho;

3) brechas com clastos acessórios e acidentais, reconhecidas apenas em Barro Vermelho.

Ainda com base no tipo de clastos, as brechas de Lajeado 4 poderiam dar origem a um quarto tipo, considerando-se que são as únicas que possuem clastos formados por brechas do primeiro estágio.

A partir do tipo de matriz, tem-se, também, três tipos:

1) brechas com matriz traquítica e típica estrutura de fluxo, observadas em Lajeado 1 e Lajeado 2;

2) brechas com matriz granular, que pode ser considerada como microssienítica, reconhecida em Lajeado 4 e no Arroio Barro Vermelho;

3) brechas com matriz criptocristalina vitrificada, descrita em Lajeado 3, na Antena e em Barro Vermelho.

A despeito da diversidade do material, foi feita tentativa de classificação baseada no tamanho e na forma dos clastos. Não obstante os resultados pouco animadores, sugerem-se dois tipos principais: um que inclui as rochas contendo fragmentos mais arredondados e equidimensionais, típicos do interior do maciço; outro com clastos mais angulosos e tabulares, ocorrendo nas bordas do corpo sienítico.

Cronologicamente, embora não se tenham obtidos dados radiométricos, as brechas vulcânicas de Tunas podem ser colocadas em uma fase posterior a das demais rochas do maciço, como já observado por FUCH (1972), pela grande ocorrência de fragmentos de sienitos, traquitos, microssienitos, etc. Com base no trabalho de GOMES et al. (1987) e nas observações aqui feitas, propõe-se para essas rochas o seguinte quadro evolutivo: diferenciação de magma por cristalização fracionada com geração inicial de gabros e monzogabros, seguida de dioritos e monzodioritos, com uma fase maior de colocação das rochas sieníticas (sienitos e sienitos alcalinos); posteriormente, formação dos diques alcalinos que cortam as demais rochas alcalinas e, por último dois estágios de colocação de brechas vulcânicas (Fig. 20).

O maciço de Tunas, considerado como fazendo parte de uma província alcalina brasileira, é relacionado a condicionamentos tec-

Figura 20 - Sequência de formação das rochas de Tunas, com base nos dados de GOMES et al.(1987).

tônicos associados a grandes fenômenos geológicos que iniciaram no Jurássico Inferior, como a reativação Wealdeniana, e correlacionáveis à separação dos continentes. Diversos autores como ALMEIDA (1971, 1985), ALGARTE (1972), MARSH (1973), HERZ (1977), FERREIRA (1982), SCHOBENHAUS et al. (1984) e SOARES (1984) mostram consenso quando relacionam as províncias alcalinas a esses eventos.

As rochas de Tunas são definidas, no tocante à sua posição geográfica, como pertencentes à província marginal à Bacia do Paraná, segundo ALMEIDA (1983). O autor em trabalhos anteriores (1967, 1969, in ALMEIDA, 1983) caracteriza o magmatismo alcalino na região meridional da Plataforma Sulamericana como resultante do importante fenômeno diastrófico nela manifestado a partir do Jurássico, a Reativação Wealdeniana, onde, numa primeira fase, foi gerado vulcanismo basáltico toleítico e seus derivados ácidos, que preenchem a Bacia do Paraná e os enxames de diques em suas bordas. Nessa fase teve lugar também o primeiro vulcanismo alcalino. Posteriormente no Cretáceo Superior ocorre um segundo evento vulcânico de natureza alcalina, cuja derradeira pulsação se estendeu até o Eoceno.

Temporalmente, as rochas alcalinas do sul do Brasil são incluídas por AMARAL et al. (1967) em dois grupos principais de idades: Cretáceo Inferior (122-133 Ma) e Cretáceo Superior a Terciário Inferior (51-82 Ma), excluídas as ocorrências de Pão de Açúcar (236 Ma) e Mogi Guaçu (254 Ma). ULBRICH & GOMES (1981) definem quatro grupos de idades: o primeiro correspondendo às rochas da borda oeste da Bacia do Paraná (mais antigo); o segundo com idades por volta de 130 Ma; o terceiro, correspondendo ao hiato Barremiano e atividade alcalina durante o Aptiano e Albiano (Tunas, Itapirapuã e injeções magmáticas em Anitápolis); e o quarto, caracterizado após uma diminuição da atividade alcalina e ocorrendo vigorosamente durante o Cretáceo Superior.

Segundo SCHEIBE (1986) "a petrogênese moderna tem cada vez mais se utilizado de parâmetros físicos e químicos das rochas para estabelecer as condições dos magmas originais, as regiões de onde provém e os processos de que resultaram as características atuais das rochas."

ULBRICH (1984) discute a geração de rochas alcalinas em ambientes geotectônicos especiais, provavelmente por fusão de um

manto fértil enriquecido por processos metassomáticos. O autor propõe um modelo geotectônico de geração de magmas alcalinos na Bacia do Paraná, ligado diretamente à abertura do Atlântico Sul, com base no posicionamento e idades das rochas alcalinas do Brasil. A geração dessas rochas inicia-se com enriquecimento, provavelmente ligado à geração de metassomatitos, que deve ter começado já no início da subsidência da Bacia, em decorrência da dissipação térmica inicial, e se alastrou muito possivelmente por várias centenas de milhões de anos, até o início da abertura do Atlântico Sul.

Após o enriquecimento (em elementos "LIL") iniciam-se as fusões parciais do manto, mais amenas que as do manto anidro, podendo ocorrer inversão e a falta de manto quimicamente adequado inibir o início da fusão, não a ausência de condições térmicas.

ULBRICH (1984) relaciona a evolução da Bacia a dois eventos térmicos, um anterior à sua formação, sem vulcanismo, e um segundo ligado à produção do vulcanismo basáltico. A colocação de rochas alcalinas está ligada ao primeiro evento, devido ao enriquecimento, e ao segundo porque este cria condições para a formação precoce e tardia de magmas alcalinos, sendo que dois períodos de colocação (inicial e derradeiro) foram identificados. Um terceiro aspecto limitante à formação de magmas alcalinos é o condicionamento mecânico, considerando que o processo magmatogênico, segundo muitos geólogos e geofísicos, é a fusão por descompressão.

Análises químicas de minerais da matriz das brechas de Tunas não permitiram conclusões sobre o magma gerador, bem como a determinação das temperaturas de formação das rochas, uma vez que não se dispõem de dados químicos de rocha total para comparação.

Partindo-se da idéia de GOMES et al. (1987) de que as rochas de Tunas tenham se formado por cristalização fracionada a partir de magmas parentais alcali-gabróicos a alcali-sieníticos, pode-se colocar as brechas como fazendo parte dos estágios finais dessa sequência. A ocorrência de feldspatos 100% potássicos associados a feldspatos 100% sódicos indicaria temperaturas bastante reduzidas de cristalização (cf. BARTH, 1956, in DEER et al., 1963). Temperaturas entre 748° e 1.000°C são definidas a partir da projeção do sistema quaternário $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8\text{-KAlSi}_3\text{O}_8\text{-CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8\text{-H}_2\text{O}$ se a pressão de água for tomada como sendo de 5.000 bárias, como sugerido por YODER et

al. (1957, in DEER et al., 1963). Para feldspatos ricos na molécula de albita ocorrendo junto a feldspatos ricos em ortoclásio têm-se isotermais de mais baixa temperatura; para plagioclásios mais cálcicos associados, as temperaturas são mais altas. A partir desses dados, infere-se para as brechas de Tunas uma variação crescente de temperatura da parte NW para SE, desde as brechas de Lajeado (T) até as brechas da Antena (T).

Para os piroxênios observam-se variações químicas entre os diferentes corpos de brechas e mesmo dentro de um único corpo, como indicado pela existência de relações inversamente proporcionais de determinados elementos. Nas brechas de Lajeado 4, nota-se que, para uma diminuição de Si tem-se aumento considerável de Al; para elevação de Fe^{3+} há queda de Ti. Nas brechas da Antena, essas relações são quase as mesmas, sendo, no entanto, que Ti e Fe^{3+} comportam-se como variáveis diretamente proporcionais.

Um fato que se registra em todas as brechas de Tunas é a intensa biotitização dos piroxênios de clastos essenciais e acidentais. BORODIN & PAVLENKO (1974) associam esse processo ao metassomatismo das rochas fragmentadas. ISSA FILHO et al. (1984) descrevem a intensa glimeritização de piroxenitos em Araxá como resultante de atividade metassomática. Pode-se sugerir, portanto, que as rochas piroxeníticas e os fragmentos essenciais compostos de piroxênio sofreram possível metassomatização durante a formação das brechas, provocada provavelmente pela intrusão do material formador da matriz dessas rochas.

Através da comparação dos dados químicos relativos a feldspatos e piroxênios das brechas, com os obtidos por GOMES et al. (1987) para sienitos, sienitos alcalinos, gabros, essexitos, sienodioritos, etc., nota-se que há uma relação direta entre todas essas rochas, o que leva a inferir que elas se originaram a partir dos magmas alcali-gabróicos e alcali-sieníticos citados por aqueles autores.

Quanto à formação dos cataclasitos e agmatitos eles acham-se diretamente relacionados à intrusão do corpo sienítico nas rochas da Formação Votuverava, acarretando sua fragmentação e eventual envolvimento por matriz plutônica.

Como conclusões finais tem-se que:

- 1) As rochas do maciço de Tunas formaram-se a partir da cristalização fracionada de magmas alcali-gabróicos e alcali-sieníticos em diversas fases;
- 2) as brechas vulcânicas correspondem às últimas etapas desse processo;
- 3) é possível reconhecer-se dois estágios diferentes de formação das brechas, sendo o mais antigo menos intenso e o segundo levando à formação da maior parte dessas rochas;
- 4) os clastos das brechas provêm de rochas alcalinas, de rochas encaixantes do maciço, de fragmentos gerados durante o processo de brechamento e de material possivelmente mantélico (piroxenitos);
- 5) a matriz originou-se por processos de intrusão e fluidização;
- 6) o quimismo dos minerais constituintes da matriz das brechas guarda estreita identificação com o quimismo dos minerais formadores das demais rochas do maciço.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALGARTE, J.P. - 1972 - A influência dos arqueamentos cratônicos no condicionamento das alcalinas nos estados de São Paulo e Paraná. In: Cong. Bras. Geol., 26. Belém, 1972. Anais... Belém, SBG, v.1 p.65-69.
- ALMEIDA, F.F.M. - 1971 - Condicionamento tectônico do magmatismo alcalino mesozóico do Sul do Brasil e do Paraguai Oriental. An. Acad. Brasil. Ciênc. v.43, p.835-836.
- _____ - 1983 - Relações tectônicas das rochas alcalinas mesozóicas da região meridional da Plataforma Sul-Americana. Rev. Bras. Geoc. v.13, n.3, p.139-158.
- _____ - 1985 - Magmatismo e tectônica pós-Paleozóica no Brasil. In: Simp. Reg. Geol., 5. São Paulo, 1985. Atas... São Paulo, SBG. v.2, p.519-521.
- AMARAL, G.; BUSHEE, J.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K. & REYNOLDS, J.H. - 1967 - Potassium-argon ages of alkaline rocks from southern Brazil. Geoch. Cosmoc. Acta. v.31, p.117-142.
- BARBIERI, F.; INNOCENTI, F.; LANDI, P.; ROSSI, U.; SAITTA, M.; SANTACROCE, R. & VILLA, I.M. - 1984 - The evolution of Latera Caldera (central Italy) in the light of subsurface data. Bull. Volcanol. v.47, n.1, p.125-141.
- BENCE, A.E. & ALBEE, A.L. - 1968 - Empirical correction factors for the electron microanalysis of silicates and oxides. Journ. Geol. v.76, p.382-403.
- BIONDI, J.C. - 1974 - Contribution à la connaissance des chemines brechiques d'origine volcanique. Univ. Paris, Centre d'Orsay, (tese de doutoramento), 332p. /inédito/.

- _____ - 1979 - Pipes e diques de brecha - um novo modelo de origem (implosão-fluidização). Rev. Bras. Geoc. v.9, p.198-217.
- _____ - 1982 - Kimberlitos. In: Cong. Bras. Geol., 32, Salvador, 1982. Anais..., Salvador, SBG. v.2, p.452-464.
- _____ ; CAVA, L.T. & SOARES, P.C. - 1989 - Mapa Geológico do Estado do Paraná. In: SCHOBENHAUS, C. & DERZE, G.R. - s/d - Projeto Mapas Geológicos dos Estados e Territórios do Brasil. DNPM.
- BORODIN, L.S. & PAVLENKO, A.S. - 1974 - The rôle of metassomatic processes in the formation of alkaline rocks. In: SORENSEN, H. 1974 - The alkaline rocks. New York, John Wiley & Sons, 1974. p. 515-534.
- BREY, G. & SCHMINCKE, H.U. - 1980 - Origin and diagenesis of Roque Nublo Breccia, Gran Canaria (Canary Islands) - petrology of the Roque Nublo Volcanics, II. Bull. Volcanol. v.43, n.1, p.15-33.
- CARVALHO, P.F. & PINTO, E.A. - 1937 - Reconhecimento geológico na Série Assunguy. Bol. Serv. Geol. Miner. v.71, 29p.
- CORDANI, U.G. & HASUI, Y. - 1968 - Idades K-Ar de rochas alcalinas do Primeiro Planalto do Estado do Paraná. In: Cong. Bras. Geol., 22. Belo Horizonte, 1968. Anais... Belo Horizonte, SBG, p.149-153.
- COUTINHO, J.M.V. & MELCHER, G.C. - 1973 - Levantamento geológico e petrográfico na Ilha do Monte de Trigo (Litoral Norte de São Paulo, Brasil). Rev. Bras. Geoc., São Paulo. v.3, p.243-256.
- DANNI, J.C.M. - 1985 - Rochas da série kamafugítica na região de Amarinópolis, Goiás. Bol. Esp., SBG/Núcleo de Minas Gerais, p.5-13.

- DEER, W.A.; HOWIE, R.A. & ZUSSMAN, J. - 1963 - Rock-forming minerals. Framework Silicates. London, Longmans, 1963. v.4, 435p. il.
- - 1968 - Rock-forming minerals. Single-Chain Silicates, 2 ed., London, Longmans, 1978. v.2a, 668p. il.
- - 1981 - Minerais constituintes das rochas - uma introdução. Tradução por Luis E. Nabais Conde. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 1981, 558p. il.
- DE LA ROCHE, H.; LETERRIER, J.; GRANDCLAUDE, P. & MARCHAL, M. - 1980 A classification of volcanic and plutonic rocks using R1R2-diagram and major-element analyses - its relationships with current nomenclature. Chem. Geol. v.29, p.183-210.
- DRUITT, T.H. & SPARKS, R.S.J. - 1982 - A proximal ignimbrite breccia facies on Santorine, Greece. Journ. Volcanol. Geoth. Research. v.13, p.147-171.
- FERREIRA, F.J.F. - 1982 - Integração de dados aeromagnéticos e geológicos: configuração e evolução tectônica do Arco de Ponta Grossa. Dissertação (mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1982, 170p. /inédito/.
- FIORI, A.P. - 1985 - Avaliação preliminar do deslocamento dúctil das falhas da Lancinha e do Morro Agudo no Estado do Paraná. Bol. Paran. Geoc., n.36, p.15-29
- FISHER, R.V. - 1960 - Classification of volcanic breccias. Geol. Soc. Am. Bull. v.71, p.973-982.
- - 1961 - Proposed classification of volcanoclastic sediments and rocks. Geol. Soc. Am. Bull. v.72, p.1409-1414.
- - 1966 - Rocks composed of volcanic fragments and their classification. Earth Sc. Reviews. v.1, p.287-298.

- & SCHMINCKE, H.U. - 1984 - Pyroclastic Rocks. Germany, Springer-Verlag, 1984. 472p. il.
- FODOR, R.V.; KEIL, K. & GOMES, C.B. - 1977 - Studies of brazilian meteorites IV. Origin of a dark-colored, unequilibrated lithic fragment in the Rio Negro chondrite. Rev. Bras. Geol. v.7, p.45-57.
- FUCK, R.A. - 1972 - Geologia do Maciço Alcalino de Tunas, Paraná, Brasil. Tese (doutoramento em Geociências). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1972. 82p. /inédito/.
- GATES, O. - 1959 - Breccia pipe in the Shoshone Range, Nevada. Econ. Geol. v.54, p.790-815.
- GOMES, C.B. - 1984 - Microsonda eletrônica: princípios e aplicações na Geologia. In: GOMES, C.B. - 1984 - Técnicas analíticas instrumentais aplicadas à Geologia. São Paulo, Editora Edgard Blücher Ltda, 1984. 218p. il.
- ; BARBIERI, M.; BECCALUVA, L.; BROTZU, P.; CONTE, A.; GARBARINO, C.; MACCIOTTA, G.; MELLUSO, L.; MORBIDELLI, L.; RUBERTI, E.; SCHEIBE, L.F.; TAMURA, R.M. & TRAVERSA, G. - 1987 - Petrological and geochemical studies of alkaline rocks from Continental Brazil. 2. The Tunas massif, State of Paraná. Geochim. Brasil. v.1, n.2, p.201-234.
- HARA, S.F. & SILVA, M.E. - 1982 - Relatório de Graduação da Folha Geológica de Água Clara/parcial leste de Barro Vermelho. Relatório (graduação em Geologia) - Departamento de Geologia,, Universidade Federal do Paraná, 1982, 80p. /inédito/.
- HEINRICH, E.W. - 1966 - The geology of carbonatites. Chicago, Rand McNally & Company, 1966, 555p. il.

- HERZ, N. - 1977 - Timing of spreading in the South Atlantic: information from Brazilian alkalic rocks. *Geol. Soc. Am. Bull.* v.88, p.101-112.
- ISSA FILHO, A.; LIMA, P.R.A.S. & SOUZA, O.M. - 1984 - Aspects of the Geology of the Barreiro Carbonatitic Complex, Araxá, MG, Brazil. In: *Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração (ed.) Carbonatitic complexes of Brazil: geology.* São Paulo, CBMM, Dept. of Geology. p.18-44.
- JOHNSTON, W.P. & LOWELL, J.D. - 1961 - Geology and origin of mineralized breccia pipes in Copper Basin, Arizona. *Econ. Geol.* v.56, p.916-940.
- KLEIN, V.de C. & VALENÇA, J.G. - 1984 - Mecanismo de colocação de brechas fluidizadas na área de Cabuçu (complexo alcalino do Mendanha), Rio de Janeiro. In: *Cong. Bras. Geol., 33. Rio de Janeiro 1984. Anais...* Rio de Janeiro, SBG, p.4355-4361.
- LAJOIE, J. - 1984 - Volcaniclastic rocks. In: WALKER, R.G. - 1984 - *Facies models*, 2ed. Geoscience Canada, Reprint. series 1, p.39-52
- LANDI, P. - 1987 - Un esempio di zonatura composizionale in camere magmatiche superficiali l'eruzione piroclastica alcalino potassica di Pitigliano (Vulcano di Latera). *Rend. Soc. Ital. Min. Petrol.* v.42, p.123-140.
- LE BAS, M.J. - 1977 - Carbonatite-nephelinite volcanism. London, John Wiley & Sons, 1977, 347p.
- MARSH, J.S. - 1973 - Relationships between transform directions and alkaline igneous rock lineaments in Africa and South America. *Earth and Plan Sci. Letters.* v.18, p.317-323.
- NAIR, J.A. & WIRADIRADJA, S. - 1980 - Late Quaternary hydrothermal explosion breccias at Kawerau Geothermal Field, New Zealand. *Bull. Volcanol.* v.43, n.1, p.1-13.

- PARSONS, W.H. - 1969 - Criteria for the recognition of volcanic breccias: review. Geol. Soc. Amer. Mem. v.155, p.263-304.
- PHILPOTTS, A.R. - 1974 - The Montereyan Province. In: SORENSEN, H. 1974 - The alkaline rocks. New York, John Wiley & Sons, 1974, p.293-310.
- RUBERTI, E. - 1983 - Método de determinação da relação Fe^{2+}/Fe^{3+} de piroxênios egirínicos a partir de análises químicas obtidas com o auxílio da microsonda eletrônica. Exame de Qualificação, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1983, 20p. /inédito/.
- SCHEIBE, L.F. - 1978 - Fazenda Varela carbonatite, Lages, Santa Catarina, Brazil. In: Simp. Intern. Carbonatites, 1. Poços de Caldas, 1978. Anais... Brasília, DNPM, p.137-146.
- _____ - 1986 - Geologia e petrologia do Distrito Alcalino de Lages, SC. Tese (doutoramento em Geociências). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1986, 224p. /inédito/.
- SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; DERZE, G.R. & ASMUS, H.E. - 1984 - Geologia do Brasil. DNPM, 501p. il.
- SEER, H.J. & MORAES, L.C. de - 1988 - Estudo petrográfico das brechas ígneas alcalinas da região de Lagoa Formosa, MG. Rev. Bras. Geoc. São Paulo. v.18, n.2, p.134-140.
- SILVA, D.C.; FELIPE, R.S. & PONTES, J.B. - 1981 - Notas sobre as ocorrências de fluorita do Vale do Ribeira (PR). In: Simp. Reg. Geol., 3. Curitiba, 1981. Atas... São Paulo, SBG. v.1, p.21-35.
- SOARES, R.M.C. - 1984 - Tratamento de dados químicos e petrográficos de rochas alcalinas do Brasil Meridional. Tese (doutoramento em Geociências). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo 1984, 316p. /inédito/.

- SORENSEN, H. (ed) - 1974 - The alkaline rocks. New York, John Wiley & Sons, 622p. il.
- STREICKSEN, A. - 1976 - To each plutonic rock its proper name. Earth Sci. Rev. v.12, n.1, p.1-33.
- TREIN, E.; MARINI, O.J. & FUCK, R.A. - 1967 - Rochas alcalinas do Primeiro Planalto do Estado do Paraná. In: BIGARELLA, J.J.; SALAMUNI, R. & PINTO, V.M. - 1967 - Geologia do Pré-Devoniano e intrusivas subsequentes da porção oriental do Estado do Paraná. Bol. Paran. de Geoc. v.23-25, p.325-347.
- ULBRICH, H.H.G.J. - 1984 - A petrografia, a estrutura e o quimismo de nefelina sienitos do maciço alcalino de Poços de Caldas, MG-SP. Tese (Livre Docência em Geociências). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1984. /inédito/.
- _____ - 1986 - As brechas de origem ígnea: revisão e proposta para uma classificação geológica. Bol. IG-USP, Publ. Esp., São Paulo. v.3, p.1-82.
- _____ & GOMES, C.B. - 1981 - Alkaline rocks from continental Brazil. Earth Sci. Rev. v.17, p.145-154.
- ULBRICH, M.N.C. - 1983 - Aspectos mineralógicos e petrológicos de nefelina sienitos do maciço alcalino de Poços de Caldas, MG-SP. Tese (doutoramento em Geociências). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1983. 369p. /inédito/.
- _____ & ULBRICH, H.H.G.J. - 1982 - Esquema de cálculo para a determinação de Fe^{3+}/Fe^{2+} de piroxênio egirínico. In: Cong. Bras. Geol., 32. Salvador, 1982. Resumos e Breves Comunicações... Salvador, SBG. bol. esp. 2, p.78.

VALENÇA, J.G. - 1980 - Geology, petrography and petrogenesis of some alkaline igneous complexes of Rio de Janeiro State, Brazil. Tese (doutoramento em Geociências). Fac. Grad. Studies, Univ. Western Ontario, 1980. 248p. /inédito/.

WRIGHT, A.E. & BOWES, D.R. - 1963 - Classification of volcanic breccias: a discussion. Geol. Soc. Am. Bull. v.74, p.79-86.

COLUNA ESTRATIGRÁFICA

QUATERNÁRIO
depósitos aluviais e colúvies

MESOZOICO
União diátrio de Tunas
- brachios valdeiros
- calcários e agnéticos
- silícios e silícios alcinas
- massalantes e dioritos
- basaltos e gneiss

Grupo São Bento
- intrusões básicas

PROTEROZOICO SUPERIOR
Grupo Acapul
Metabólicos
- metapelitos
Formação Velveteira
- filitos - mármores

PROTEROZOICO MÉDIO
Grupo Setiva
Formação Parau
- quartzitos
Complexo Apid-Mirim
- gneiss e silícios

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS
contato geológico (inferido)
falhas e lineamentos
pontos oncolados e de controle

CONVENÇÕES TOPOGRÁFICAS
estrada federal
estrada estadual
cercas estradas
trilhos ou caminhos
drenagem
córregos
lagos
pedra de alva
pedra de detritado
poço

MAPA GEOLÓGICO DO MACIÇO DE TUNAS
PARANÁ - BRASIL

INSTITUTO DE GEOLOGIA
BIBLIOTECA
T16682.2
U. S. P.

Revisão:
Eleonora Maria Gouvêa Vasconcelos
Universidade Federal do Paraná
Pós-Graduação em Geociências na Universidade de São Paulo

ANO
1991

49° 07' 30" W

BASE CARTOGRÁFICA
POLARIS: 90-25-2-5-10-4-30-4
90-25-2-5-10-4-30-4
90-25-2-5-10-4-30-4
90-25-2-5-10-4-30-4
90-25-2-5-10-4-30-4
90-25-2-5-10-4-30-4

CONHECIMENTOS - ESCALA 1:10.000

BRASIL

PARANÁ

TUNAS

Curitiba

SANTA CATARINA

Parque adjacente Pré-Cambrianos e
Quaternários adaptados e modificados de
FUCK (1971), ROSSI et al. (1987),
SILVA et al. (1991) e BONDI et al. (1988).

Localização do ponto de: HARA & SILVA (1987).