

syno = 0850679



QUIMISMO DE FELDSPATOS E PIROXÊNIOS DA MATRIZ DAS BRECHAS VULCÂNICAS DO COMPLEXO ALCALINO DE TUNAS/Pr. E PROPOSTA DE INTERPRETAÇÃO PARA ALOJAMENTO DESSES CORPOS.

Eleonora Maria Gouvêa Vasconcellos*
Celso de Barros Gomes **

* Departamento Geologia
Universidade Federal do Paraná

** Instituto de Geociências
Universidade de São Paulo

ABSTRACT

Seven bodies of volcanic breccias of varied form and size are recognized within Tunas alkaline complex. They have a random distribution and consist of a fine matrix that partly or completely encloses fragments of varied compositions. Feldspars, either alkaline (100% k20 or 100% Na20) or plagioclase between albite and andesine in composition can be identified in the matrix of the breccias. The pyroxenes observed usually fall within augite field, yet salites, ferrosalite, and ferroaugite variations are also present. Comparison of chemical data from both the minerals of the breccias and those contry rocks shows a direct relation between the emplacement of the fragmented rocks and the presence of the other petrografic entities that form the complex. The breccias, that are contemporaneous to the late emplacement stages of the complex, originated from fluidization processes.

RESUMO

No complexo alcalino de Tunas, são reconhecidas sete ocorrências de brechas vulcânicas, distribuídas aleatoriamente, e de forma e tamanho variados. Esses corpos são constituídos por rochas de matriz fina, envolvendo parcial ou completamente fragmentos de composições diversas.

Na matriz dessas rochas são caracterizados

Boletim Paranaense de Geociências
1942 2 42 12 1992

feldspatos de composição variável, desde alcalinos (100% de K₂O ou 100% de Na₂O) até plagioclásios com composição entre albita e andesina. Os piroxênios observados situam-se geralmente no campo da augita, com variações para salita, ferrossalita e ferroaugita.

Comparações de dados químicos dos minerais das brechas com os dos minerais das encaixantes mostram relações diretas para a colocação das rochas fragmentadas com as demais variedades petrográficas constituintes do complexo.

As brechas foram formadas em estágios tardios da colocação do complexo, e originadas por processos de fluidização.

1. INTRODUÇÃO

As brechas vulcânicas que ocorrem no complexo alcalino de Tunas foram referidas, pela primeira vez, por TREIN et al. (1967), como rochas de matriz fina, envolvendo clastos de sienito e traquito e correspondendo a uma fase tardia, explosiva ou de colapso, na porção central de uma chaminé sienítica.

FUCK (1972) descreveu três ocorrências de brechas, caracterizando-as como uma fase tardia de colocação do corpo, originada por colapso de estruturas, com ascensão de lava traquitica, gerando mais de um estágio de brechas.

Essas rochas distribuem-se em sete corpos de pequenas dimensões, de forma alongada ou circular, além de distinta em fotos aéreas, sendo: quatro próximos à localidade de Lajeado, a NW do complexo; um no Arroio Barro Vermelho, ao centro; um na confluência da BR-476 com a PR-340, próximo à antena da rede de eletricidade de Tunas; e o último junto à localidade de Barro Vermelho, na porção centro-norte do complexo. Para facilitar a sua descrição, serão aqui referidos, com base em VASCONCELLOS, (1991), respectivamente como: Lajeado 1, Lajeado 2, Lajeado 3, Lajeado 4, Arroio Barro Vermelho, Antena e Barro Vermelho (Fig. 1).

De maneira geral as brechas possuem matriz muito fina, chegando, às vezes, a criptocristalina, contudo a textura pode se mostrar traquitica, com estrutura de fluxo (Lajeado 1 e Lajeado 2), granular, microssienítica (Lajeado 4 e Arroio Barro Vermelho) ou ainda criptocristalina vitrificada (Lajeado 3, Antena e Barro Vermelho).

A matriz envolve parcial ou completamente clastos de composições diversas, definidos como acessórios (clastos de rochas alcalinas encaixante), acidentais (de metassedimentares e metaígneas,

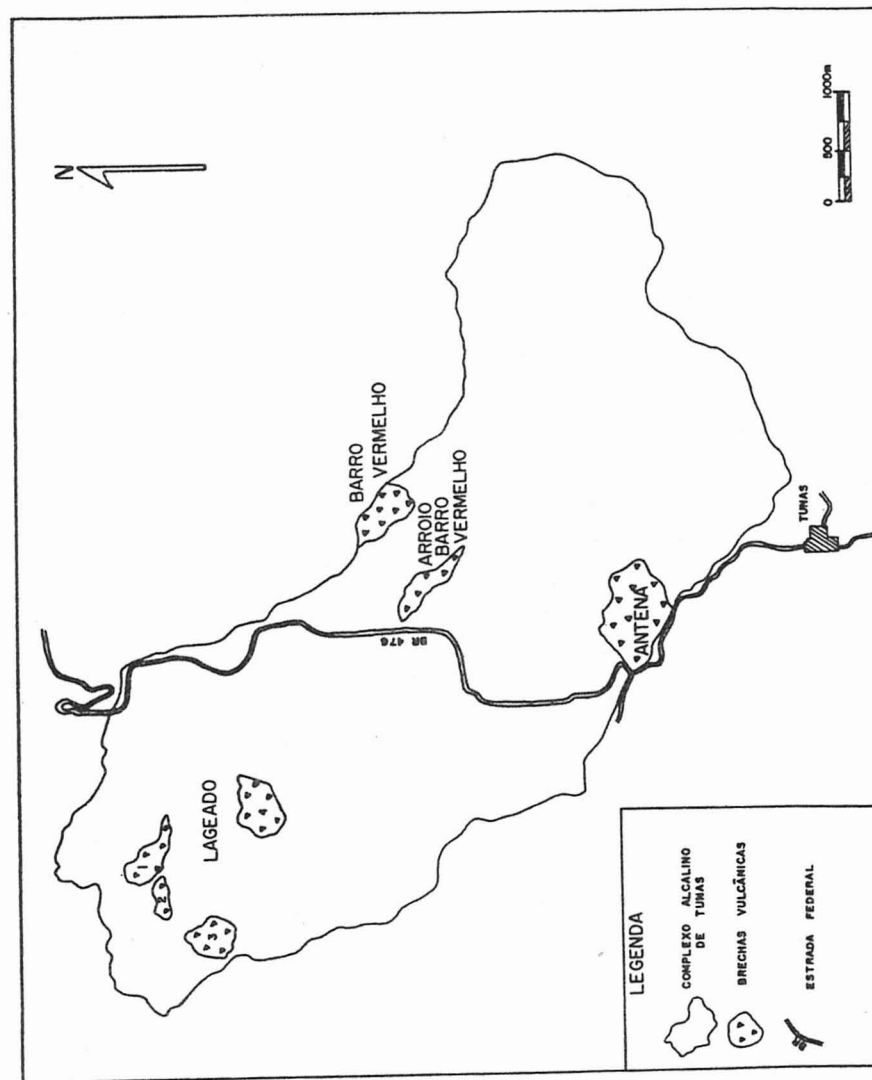


FIGURA 1 - Localização dos corpos de brechas vulcânicas do complexo alcalino de Tunas, PR. Estrada de Vasconcellos, 1991.

encaixantes do complexo) e fenocristais de feldspato, piroxênio e biotita.

Texturalmente elas são divididas em brechas suportadas por matriz (tipo mais comum); suportadas por clastos e matriz e; mais raramente, por clastos. O primeiro tipo inclui as rochas de Lajeado 1, 2 e 4, Arroio Barro Vermelho e Antena, enquanto que os outros dois ocorrem tanto no Barro Vermelho como em Lajeado 3.

O exame mais detalhado dos minerais constituintes da matriz das brechas é de difícil caracterização devido ao seu tamanho reduzido. Porém, observa-se, em geral, que os minerais presentes em maior quantidade são feldspatos e piroxênios, além de biotita, carbonatos (Lajeado 2), anfibólios, olivina, nefelina (Arroio Barro Vermelho), vidro vulcânico, opacos e, como principal acessório, apatita.

A análise detalhada do tipo de feldspato e piroxênios foi feita com o auxílio de microsonda eletrônica (modelo EMX-SM, de fabricação Applied Research Laboratories) do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, sendo os dados coligidos por VASCONCELLOS, (1991) e aqui apresentados de maneira mais sucinta.

2. QUÍMICA MINERAL

- Feldspatos

Feldspatos são os minerais de maior importância nessas rochas, uma vez que ocorrem em grande quantidade tanto na matriz das brechas como nos clastos, acessórios e fenocristais, possibilitando, assim, a comparação dos dados químicos.

Inicialmente foram analisados SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , CaO e K_2O e 8 amostras em cristais variados, sendo as fórmulas estruturais calculadas na base de 32 oxigênios (Tabela 1). Posteriormente outras 13 amostras foram analisadas somente para Na_2O , CaO e K_2O . Como resultado, foram caracterizados mais 54 grãos em termos dos componentes Ab (albita), An (anortita) e Or (ortoclásio), tendo sido examinados tanto minerais da matriz como de clastos (Tabela 2).

Os dados obtidos, reunidos em gráficos convencionais Or-Ab-An (Fig. 2), permitem concluir que:

1) Para Lajeado 1 há maior concentração no campo da Ab, com pequena variação até o termo Or, ocorrendo também alguns minerais de composição intermediária (micropertitas). A composição nos clastos é semelhante à da matriz;

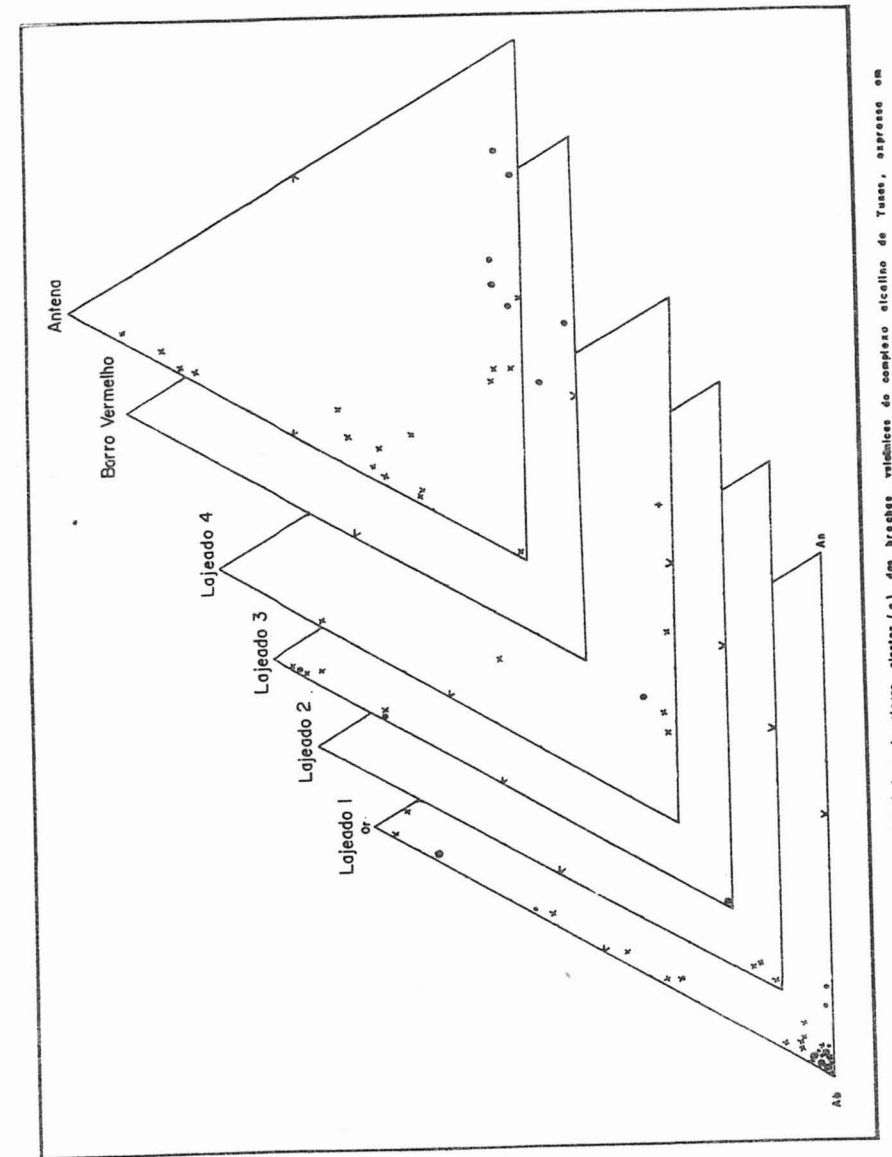


FIGURA 2 - Composição de feldspatos de matriz (x) e de alguns clastos (o) de algumas brechas vulcânicas do complexo alcalino de Tussu, expressas em termos da molécula de Or, Ab e An.

2) Em Lajeado 2 há também maior concentração de feldspatos sódicos;

3) Para Lajeado 3, tanto feldspatos da matriz, como de clastos, tem tendência mais potássica, registrando-se, entretanto, uma pequena variação para Ab;

4) Para Lajeado 4 nota-se maior dispersão, com os feldspatos da matriz apresentando composição potássica e albítica a andesítica; os clastos são de oligoclásio e os fenocristais de natureza mais cálcica, chegando até labradorita;

5) Nos feldspatos da matriz das brechas da Antena observam-se poucos tipos sódicos, contudo, a dispersão é muito grande, reconhecendo-se variedades potássicas, sódico-potássicas e cálcico-sódicas (plagioclásios entre andesina e labradorita); os tipos mais cálcicos caracterizam os fenocristais;

6) Em Barro Vermelho torna-se difícil a identificação mineral devido à escassez de matriz, mas foram observados fenocristais de composição labradorítica.

Comparando-se os dados químicos obtidos em feldspatos da matriz das brechas com aqueles de feldspatos das rochas alcalinas encaixantes das brechas (GOMES et al., 1987) observa-se, uma correspondência direta, com os minerais de composição semelhante, verificando-se, ainda, um aumento do componente Or e diminuição de An das encaixantes para as brechas.

- Piroxênios

Os piroxênios mostram-se geralmente muito alterados, biotitizados, sendo, portanto, difícil a sua análise por microsonda eletrônica, embora sejam o segundo principal constituinte da matriz das brechas. Cinco amostras foram analisadas para SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , FeO , MnO , MgO , CaO e Na_2O ; o cálculo de FeO e Fe_2O_3 foi feito a partir de FeO total, com base nos trabalhos de RUBERTI (1983) e ULBRICH & ULBRICH (1982). As fórmulas estruturais foram calculadas na base de 6 oxigênios (Tabela 3).

Outras 5 amostras foram analisadas somente para CaO , MgO e FeO , com as proporções moleculares para Ca, Mg e Fe indicadas na Tabela 4.

Os dados obtidos pelas análises foram projetadas no diagrama composicional Ca-Mg-Fe (Fig. 3), observando-se que:

1) Em Lajeado 1 há concentração de piroxênios no campo da ferroaugita;

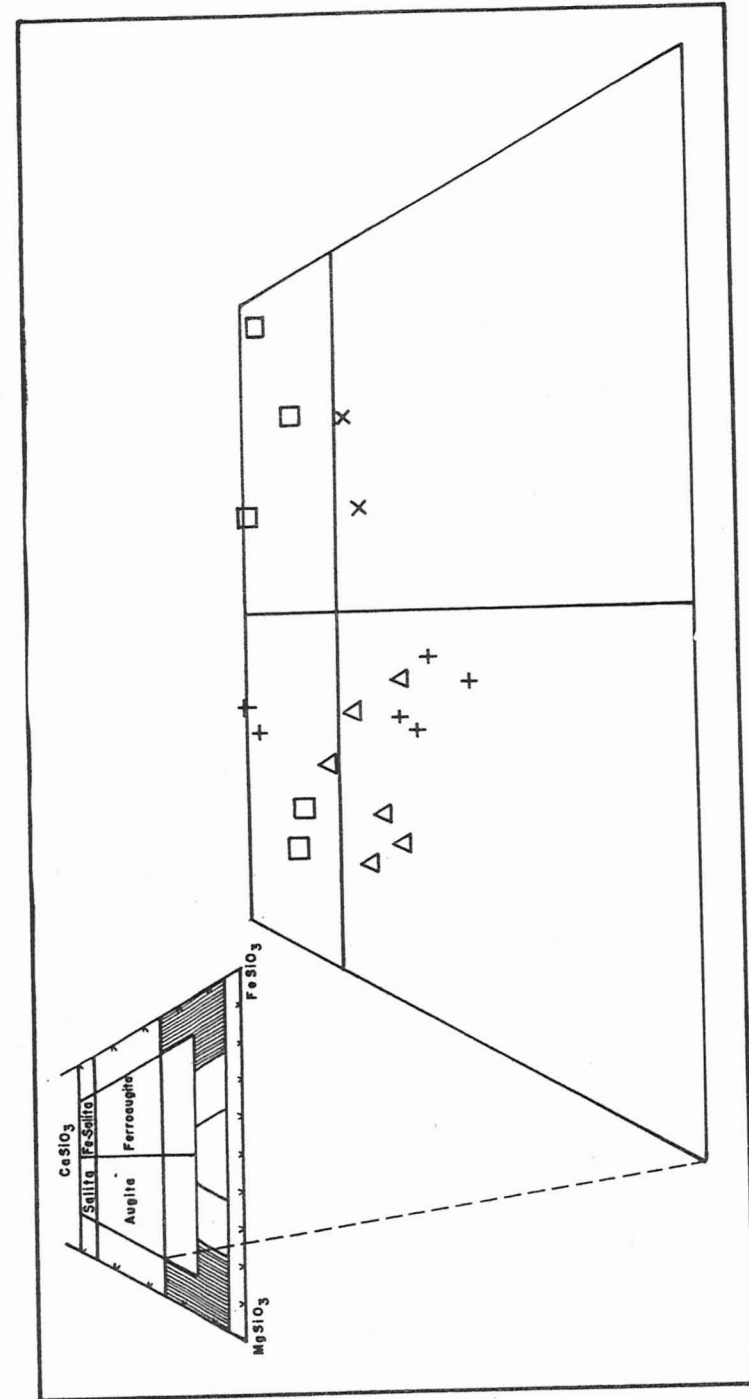


FIGURA 3 - Composição de piroxênios da matriz das brechas vulcânicas de Tunos, expressa em termos das moléculas de Ca, Mg, Fe. (Lajeado 1, X; Lajeado 2, X; Lajeado 3, +; Lajeado 4, Δ; Barro Vermelho, □).

2) Em Lajeado 4 os minerais situam-se nos campos da augita e da salita, com concentração maior no primeiro;

3) Em Antena verifica-se também concentração nos campos da augita e da salita, porém, mais próximas do limite entre eles;

4) Em Barro Vermelho há dispersão maior dos pontos, ocorrendo piroxênios nos campos da salita e da ferrossalita; o teor de Ca é alto, quase ultrapassando o limite superior do trapézio composicional.

Os resultados obtidos para Lajeado 2 e 3 se mostram insatisfatórios, não sendo, portanto, apresentados.

Fazendo-se comparações semelhantes à dos feldspatos, para os piroxênios da matriz das brechas e piroxênios das rochas alcalinas encaixantes, a partir dos dados de GOMES et al. (1987), tem-se que para os piroxênios há um quimismo semelhante, com pequenas variações, principalmente para a molécula de Fe, que diminui das encaixantes para as brechas.

Tanto para feldspatos como para piroxênios não foram obtidos dados para as brechas do Arroio Barro Vermelho devido à falta de amostras.

3. MECANISMO DE ALOJAMENTO

As brechas vulcânicas do complexo de Tunas são classificadas, em conformidade com ULBRICH (1986), como sendo subvulcânicas de conduto, do tipo intrusiva e tufisítica. Sua caracterização intrusiva se fez por comparação com dados da literatura, referentes a brechas vulcânicas que ocorrem em corpos alcalinos, e com base na descrição dada por ULBRICH (1986). Essa comparação foi feita recorrendo-se aos trabalhos de: ULBRICH (1984) em Poços de Caldas, SP/MG; SCHEIBE (1978, 1986) em Lages, SC.; VALENÇA (1980) nas intrusões alcalinas não-orogênicas do Estado do Rio de Janeiro; KLEIN e VALENÇA (1984) na área de Cabuçu no Complexo Alcalino do Mendanha, RJ.; DANNI (1985) em Amarinópolis, GO, todos no Brasil. Adicionalmente, de: LE BAS (1977) em Kisingiri, África; HEINRICH (1966) em rochas carbonatíticas; PHILPOTTS (1974) na Província de Monteregian, Montreal; BARBIERI et al. (1984) e LANDI (1987) sobre o Complexo Vulcânico de Latera, na Itália Central; e BREY & SCHMINCKE (1980) sobre Roque Nublo nas Ilhas das Canárias.

A partir dessas análises comparativa pode-se concluir para a ocorrência de rochas fragmentadas em corpos alcalinos o seguinte:

TABELA 1 - Composição química de feldspatos das brechas vulcânicas de Tunas (L1=Lajeado 1; L4=Lajeado 4; An= Antena). B, borda; N, núcleo.

| | Li.b | Li.b | Li.b | Li.f B | Li.f N | Li.f R | Li.f | |
|--------------------------------|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|---------|-------|
| SiO ₂ | 67,10 | 65,80 | 65,90 | 61,80 | 63,20 | 61,90 | 64,60 | |
| Al ₂ O ₃ | 21,20 | 21,40 | 21,70 | 21,00 | 20,90 | 20,40 | 21,80 | |
| CaO | 0,23 | 0,19 | 0,44 | 0,07 | 0,12 | 0,02 | 0,04 | |
| Na ₂ O | 11,00 | 10,90 | 10,90 | 4,38 | 7,56 | 1,39 | 11,90 | |
| K ₂ O | 1,33 | 2,00 | 1,40 | 10,80 | 6,52 | 16,50 | 0,23 | |
| Total | 100,86 | 100,29 | 100,34 | 98,96 | 98,30 | 100,27 | 98,58 | |
| Si | 11,7501 | 11,6003 | 11,5806 | 11,5039 | 11,5657 | 11,5291 | 11,5200 | |
| Al | 4,3568 | 4,4404 | 4,4950 | 4,6004 | 4,4956 | 4,4811 | 4,5806 | |
| Ca | 0,0435 | 0,0364 | 0,0838 | 0,0143 | 0,0239 | 0,0041 | 0,0077 | |
| Na | 3,7247 | 3,7542 | 3,7119 | 1,5812 | 2,6811 | 0,5045 | 4,1094 | |
| K | 0,2974 | 0,4508 | 0,3131 | 2,5729 | 1,5209 | 3,9273 | 0,0530 | |
| Z | 16,0 | 16,0 | 16,1 | 16,1 | 16,1 | 16,0 | 16,1 | |
| X | 4,0 | 4,2 | 4,1 | 4,2 | 4,2 | 4,4 | 4,2 | |
| Mol% | Ab | 91,60 | 88,50 | 90,30 | 38,00 | 63,40 | 11,40 | 98,50 |
| | An | 1,10 | 0,90 | 2,10 | 0,30 | 0,60 | 0,10 | 0,20 |
| | Or | 7,30 | 10,60 | 7,60 | 61,70 | 36,00 | 88,50 | 1,30 |

TABELA 1a - Composição química de feldspatos das brechas vulcânicas de Tunas (L1=Lajeado 1; L4=Lajeado 4; An= Antena). B, borda; N, núcleo.

| | L4.a | L4.b | L4.b | An.a | An.a A | An.a H | An.a B |
|--------------------------------|----------|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|
| SiO ₂ | 66,70 | 65,20 | 59,30 | 59,90 | 61,00 | 60,70 | 47,10 |
| Al ₂ O ₃ | 21,20 | 23,40 | 28,20 | 22,20 | 22,40 | 22,20 | 35,30 |
| CaO | 4,44 | 3,19 | 7,22 | 12,30 | 1,32 | 1,14 | 16,60 |
| Na ₂ O | 9,49 | 8,78 | 6,97 | 5,01 | 8,11 | 7,54 | 2,38 |
| K ₂ O | 0,38 | 0,29 | 0,18 | 1,11 | 6,28 | 7,62 | 0,83 |
| Total | 102,21 | 100,86 | 101,87 | 100,52 | 99,19 | 99,19 | 102,20 |
| Si | 11,5335 | 11,3438 | 10,3670 | 10,7762 | 11,1688 | 11,1646 | 8,4963 |
| Al | 4,3172 | 4,8013 | 5,8090 | 4,7176 | 4,8207 | 4,8060 | 7,5231 |
| Ca | 0,8239 | 0,5949 | 1,3519 | 2,3692 | 0,2594 | 0,2249 | 3,2092 |
| Na | 3,1820 | 2,9660 | 2,3609 | 1,7488 | 2,8782 | 2,6878 | 0,8348 |
| K | 0,0846 | 0,0651 | 0,0403 | 2,2549 | 1,4656 | 1,7861 | 0,1922 |
| Z | 15,9 | 16,1 | 16,2 | 15,5 | 16,0 | 16,0 | 16,0 |
| X | 4,1 | 3,6 | 3,7 | 4,4 | 4,6 | 4,7 | 4,2 |
| Mol% | Ab 77,80 | 81,80 | 62,90 | 40,00 | 62,50 | 57,20 | 19,70 |
| | An 20,10 | 16,40 | 36,00 | 54,20 | 5,60 | 4,80 | 75,80 |
| | Or 2,10 | 1,80 | 1,10 | 5,80 | 31,80 | 38,00 | 4,50 |

TABELA 1b - Composição química de feldspatos das brechas vulcânicas de Tunas (L1=Lajeado 1; L4=Lajeado 4; An= Antena). B, borda; N, núcleo.

| | An.b B | An.b H | An.b B | An.b B | An.b H |
|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| SiO ₂ | 58,90 | 64,00 | 59,20 | 55,70 | 58,30 |
| Al ₂ O ₃ | 26,30 | 20,80 | 26,80 | 30,10 | 24,50 |
| CaO | 4,20 | 7,23 | 6,78 | 5,99 | 10,90 |
| Na ₂ O | 6,94 | 7,22 | 7,60 | 5,15 | 5,38 |
| K ₂ O | 4,31 | 0,97 | 3,62 | 3,62 | 1,09 |
| Total | 100,65 | 100,22 | 101,60 | 100,56 | 100,17 |
| Si | 10,5708 | 11,3642 | 10,4569 | 9,9963 | 10,5125 |
| Al | 5,5663 | 4,3607 | 5,5721 | 6,3633 | 5,2085 |
| Ca | 0,8083 | 1,3768 | 1,2826 | 1,1522 | 2,0975 |
| Na | 2,4144 | 2,4863 | 2,6012 | 1,7915 | 1,8784 |
| K | 0,9867 | 0,2210 | 0,2897 | 0,8289 | 0,2508 |
| Z | 16,1 | 15,7 | 16,0 | 16,3 | 15,7 |
| X | 4,2 | 4,1 | 4,2 | 3,8 | 4,2 |
| Mol% | Ab 57,40 | 60,90 | 62,30 | 47,50 | 44,40 |
| | An 19,20 | 33,70 | 30,70 | 30,50 | 49,60 |
| | Or 23,40 | 5,40 | 7,00 | 22,00 | 6,00 |

TABELA 1c - Composição química de feldspatos das brechas vulcânicas de Tunas (L1=Lajeado 1; L4=Lajeado 4; An=Antena). B, borda; N, núcleo.

| | An.b B | An.b B | An.c N | An.c N | An.c N |
|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| SiO ₂ | 48,90 | 63,40 | 51,60 | 66,20 | 66,70 |
| Al ₂ O ₃ | 29,10 | 21,10 | 33,00 | 18,60 | 18,20 |
| CaO | 1,67 | 2,71 | 14,80 | 0,02 | 0,30 |
| Na ₂ O | 5,83 | 8,38 | 2,97 | 2,67 | 2,02 |
| K ₂ O | 7,22 | 4,96 | 0,21 | 12,70 | 13,20 |
| Total | 98,72 | 100,55 | 102,58 | 100,19 | 100,42 |
| Si | 10,1396 | 11,3778 | 9,1528 | 12,0420 | 12,1055 |
| Al | 6,3300 | 4,4635 | 6,9017 | 3,9761 | 3,8978 |
| Ca | 0,3305 | 0,5215 | 2,8062 | 0,0040 | 0,0600 |
| Na | 2,0895 | 2,9190 | 1,0216 | 0,9423 | 0,7111 |
| K | 1,7011 | 1,1362 | 0,0496 | 2,9531 | 3,0532 |
| Z | 16,5 | 15,8 | 16,0 | 16,0 | 16,0 |
| X | 4,1 | 4,6 | 3,9 | 3,9 | 3,8 |
| Mol% | Ab 50,70 An 8,00 Or 41,30 | 63,80 11,40 24,80 | 26,30 72,40 1,30 | 24,20 0,10 75,70 | 18,60 1,60 79,80 |

TABELA 2.a - Composição molecular (%) aproximada de feldspatos da matriz (m) e de clastos (c) das brechas vulcânicas de Tunas. (L1=Lajeado 1; L2=Lajeado 2; L3=Lajeado 3; L4=Lajeado 4; An = Antena; BV=Barro Vermelho

| | Li.a c | Li.a c | Li.a M | Li.a M | Li.a c | Li.d c |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Ab | 98,20 | 94,50 | 96,30 | 94,50 | 2,96 | 95,20 |
| An | 0,45 | 4,36 | 2,60 | 2,02 | 0,00 | 3,32 |
| Or | 0,89 | 1,10 | 1,09 | 3,44 | 95,70 | 1,47 |
| Total | 99,54 | 99,96 | 99,99 | 99,96 | 98,66 | 99,99 |

TABELA 2.b - Composição molecular (%) aproximada de feldspatos da matriz (m) e de clastos (c) das brechas vulcânicas de Tunas. (L1=Lajeado 1; L2=Lajeado 2; L3=Lajeado 3; L4=Lajeado 4; An=Antena; BV=Barro Vermelho

| | Li.a c | Li.d c | Li.d M | Li.d M | Li.d M | Li.d M |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Ab | 34,60 | 94,10 | 93,50 | 13,10 | 95,80 | 95,30 |
| An | 1,39 | 3,01 | 4,73 | 0,84 | 3,35 | 3,33 |
| Or | 64,40 | 2,89 | 1,77 | 85,10 | 0,81 | 1,35 |
| Total | 100,39 | 100,00 | 100,00 | 99,04 | 99,96 | 99,98 |

TABELA 2.c - Composição molecular (%) aproximada de feldspatos da matriz (m) e de clastos (c) das brechas vulcânicas de Tunas. (L1=Lajeado 1; L2 = Lajeado 2; L3=Lajeado 3; L4=Lajeado 4; An=Antena; BV=Barro Vermelho

| | Li.e c | Li.e ç | Li.e c | Li.e M | Li.f M | Li.f M |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Ab | 30,70 | 86,20 | 84,00 | 13,30 | 96,40 | 89,40 |
| An | 0,50 | 13,10 | 13,10 | 1,40 | 3,22 | 4,12 |
| Or | 68,80 | 0,77 | 1,30 | 85,30 | 0,34 | 6,45 |
| Total | 100,00 | 100,07 | 98,40 | 100,00 | 99,96 | 99,97 |

TABELA 2.d - Composição molecular (%) aproximada de feldspatos da matriz (m) e de clastos (c) das brechas vulcânicas de Tunas. (L1=Lajeado 1; L2 = Lajeado 2; L3=Lajeado 3; L4=Lajeado 4; An=Antena; BV=Barro Vermelho

| | Li.f M | Li.f M | Li.f M | Li.g M | Li.g M | Li.g M |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Ab | 7,71 | 95,70 | 96,10 | 53,80 | 64,50 | 87,80 |
| An | 0,14 | 1,09 | 3,02 | 1,70 | 2,58 | 7,14 |
| Or | 92,20 | 1,42 | 1,06 | 44,40 | 33,00 | 3,19 |
| Total | 100,05 | 98,21 | 100,18 | 99,90 | 100,08 | 98,13 |

pertitas

TABELA 2.e - Composição molecular (%) aproximada de feldspatos da matriz (m) e de clastos (c) das brechas vulcânicas de Tunas. (L1=Lajeado 1; L2 = Lajeado 2; L3=Lajeado 3; L4=Lajeado 4; An=Antena; BV=Barro Vermelho

| | Li.h c | Li.h c | Li.h M | L2.b M | L2.b M | L2.b M |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Ab | 98,50 | 99,00 | 96,40 | 93,50 | 98,10 | 93,10 |
| An | 0,90 | 0,32 | 1,88 | 4,02 | 2,03 | 4,68 |
| Or | 0,63 | 0,64 | 1,24 | 2,45 | 1,42 | 2,22 |
| Total | 100,03 | 99,96 | 99,52 | 99,97 | 101,55 | 100,00 |

TABELA 2.f - Composição molecular (%) aproximada de feldspatos da matriz (m) e de clastos (c) das brechas vulcânicas de Tunas. (L1=Lajeado 1; L2 = Lajeado 2; L3=Lajeado 3; L4=Lajeado 4; An=Antena; BV=Barro Vermelho

| | L3.a c | L3.d M | L3.e c | L3.f M | L3.g c | L3.h M |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Ab | 24,90 | 6,76 | 5,34 | 4,74 | 98,90 | 5,23 |
| An | 0,00 | 0,59 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 |
| Or | 75,10 | 93,40 | 94,70 | 95,30 | 1,01 | 94,80 |
| Total | 100,00 | 100,75 | 100,04 | 100,04 | 99,96 | 100,03 |

TABELA 2.g - Composição molecular (%) aproximada de feldspatos da matriz (m) e de clastos (c) das brechas vulcânicas de Tunas. (L1=Lajeado 1; L2 = Lajeado 2; L3=Lajeado 3; L4=Lajeado 4; An=Antena; BV=Barro Vermelho

| | L3.i M | L3.j M | L3.d M | L3.e M | L3.f c | L3.g M |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Ab | 22,40 | 8,03 | 22,60 | 48,70 | 74,00 | 38,40 |
| An | 0,30 | 0,49 | 1,44 | 11,00 | 21,70 | 59,80 |
| Or | 75,90 | 89,70 | 77,20 | 39,10 | 4,33 | 1,88 |
| Total | 98,60 | 98,13 | 101,24 | 98,80 | 100,03 | 100,08 |

TABELA 2.h - Composição molecular (%) aproximada de feldspatos da matriz (m) e de clastos (c) das brechas vulcânicas de Tunas. (L1=Lajeado 1; L2 = Lajeado 2; L3=Lajeado 3; L4=Lajeado 4; An=Antena; BV=Barro Vermelho

| | An.a M | An.o M | An.d M | An.e M | An.e M | L3.f M |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Ab | 62,70 | 51,40 | 65,60 | 76,70 | 27,40 | 68,50 |
| An | 35,30 | 47,00 | 1,72 | 1,39 | 0,06 | 1,19 |
| Or | 2,35 | 1,61 | 32,60 | 26,30 | 72,60 | 31,30 |
| Total | 100,35 | 100,01 | 99,92 | 102,87 | 100,06 | 100,99 |

pertitas

- os complexos são geralmente formados em fases sucessivas, com as brechas aparecendo nos estágios mais tardios;

- as brechas são, portanto, posteriores às demais litologias, e, via de regra, contém fragmentos angulosos e arredondados das rochas alcalinas e encaixantes;

- as brechas derivam-se por processos de fluidização, sendo do tipo intrusivo, com grande quantidade de matriz;

- elas dão origem a corpos irregulares, sem um padrão definido quanto à forma.

Tomando-se por base os modelos de origem propostos por diversos autores: WILLIAMS (1957, in ULRICH, 1986); GATES (1959); JOHNSTON e LOWEL (1961) em "pipes" fluidizados; WRIGHT e WALKER (1977) e SPARKS et al. (1978), ambos in DRUITT e SPARKS (1982); BIONDI (1979, 1982); NAIR e WIDADIRADJA (1980) sobre brechas de explosão hidrotermal; FISHER e SCHMINCKE (1984) sobre ignibritos e ULBRICH (1986), admite-se para as brechas de Tunas uma gênese envolvendo participação de magma e transporte de material brechado, por meio de correntes fluidizadas.

TABELA 2.i - Composição molecular (%) aproximada de feldspatos da matriz (m) e de clastos (c) das brechas vulcânicas de Tunas. (L1=Lajeado 1; L2 = Lajeado 2; L3=Lajeado 3; L4=Lajeado 4; An=Antena; BV=Barro Vermelho

| | An.g M | An.h M | An.i M | Bv.b M | Bv.b M |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 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 |

TABELA 3 - Composição química de prioxênios das brechas vulcânicas de Tunas (L4=Lajeado 4; BV=Barro Velho; An=Antena). Fe*= Fe+Mn.

| | L4.a | L4.a | L4.a | L4.b | L4.b | L4.b |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SiO ₂ | 51,20 | 52,50 | 51,30 | 55,10 | 46,00 | 41,90 |
| TiO ₂ | 0,22 | 0,17 | 0,13 | 0,12 | 0,12 | 0,17 |
| Al ₂ O ₃ | 0,40 | - | 0,04 | 1,05 | 2,70 | 9,86 |
| FeO ₇ | 13,80 | 13,80 | 11,70 | 15,20 | 12,00 | 16,70 |
| MnO | 1,04 | 1,12 | 1,24 | 1,03 | 1,10 | 1,25 |
| MgO | 12,10 | 12,10 | 11,50 | 11,60 | 11,20 | 11,70 |
| CaO | 19,60 | 19,60 | 25,40 | 17,50 | 26,60 | 19,80 |
| Na ₂ O | 0,66 | 0,48 | 0,49 | 0,32 | 0,47 | 0,25 |
| Total | 99,02 | 100,57 | 101,80 | 101,92 | 100,92 | 101,63 |
| Fe ₂ O ₃ | 2,38 | 1,39 | 5,02 | 0,00 | 10,60 | 11,20 |
| FeO | 11,70 | 12,60 | 7,17 | 15,20 | 2,45 | 6,63 |
| Total | 99,30 | 100,76 | 102,29 | 101,92 | 101,24 | 102,76 |
| Si ^{IV} | 1,9748 | 1,9931 | 1,9419 | 2,0387 | 1,7959 | 1,6178 |
| Al ^{IV} | 0,0181 | - | 0,0018 | - | 0,1243 | 0,3821 |
| Fe ^{3+V} | 0,0071 | 0,0069 | 0,0563 | - | 0,0798 | - |
| Al ^{VI} | - | - | - | 0,0460 | - | 0,0661 |
| Fe ^{3+VI} | 0,0620 | 0,0328 | 0,0865 | - | 0,2328 | 0,3257 |
| Fe ² | 0,3775 | 0,4002 | 0,2267 | 0,4718 | 0,0801 | 0,2137 |
| Ti | 0,0063 | 0,0048 | 0,0037 | 0,0036 | 0,0035 | 0,0048 |
| Mn | 0,0340 | 0,0361 | 0,0397 | 0,0325 | 0,0365 | 0,0411 |
| Mg | 0,6972 | 0,6859 | 0,6481 | 0,6382 | 0,6555 | 0,6711 |
| Ca | 0,8681 | 0,8246 | 1,0310 | 0,6924 | 1,1142 | 0,8207 |
| Na | 0,0495 | 0,0355 | 0,0357 | 0,0231 | 0,0356 | 0,0193 |
| Total | 4,0346 | 4,0199 | 4,0714 | 3,9464 | 4,1562 | 4,1625 |
| Mol% Ca | 40,70 | 41,50 | 49,40 | 37,70 | 50,70 | 39,80 |
| Mg | 35,10 | 34,50 | 31,00 | 34,80 | 29,70 | 32,60 |
| Fe ^m | 24,20 | 24,00 | 19,60 | 27,90 | 19,50 | 28,20 |

TABELA 3.a- Composição química de prioxênios das brechas vulcânicas de Tunas (L4=Lajeado 4; BV = Barro Velho; An=Antena). Fe*= Fe+Mn.

| | Bv.a | Bv.a | An.a | An.a | An.a |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SiO ₂ | 50,60 | 52,40 | 45,80 | 51,00 | 55,00 |
| TiO ₂ | 0,10 | 0,10 | 0,44 | 0,86 | 0,02 |
| Al ₂ O ₃ | 2,47 | 0,14 | 5,42 | 1,19 | - |
| FeO ₇ | 11,30 | 8,64 | 9,54 | 10,70 | 11,40 |
| MnO | 0,46 | 0,61 | 0,33 | 0,45 | 0,71 |
| MgO | 12,70 | 13,60 | 14,00 | 14,00 | 13,70 |
| CaO | 22,10 | 23,40 | 20,90 | 20,70 | 21,30 |
| Na ₂ O | 0,14 | 0,15 | 0,60 | 0,51 | 0,23 |
| Total | 99,87 | 99,04 | 98,03 | 100,31 | 102,36 |
| Fe ₂ O ₃ | 2,00 | 0,96 | 6,10 | 2,65 | 0,58 |
| FeO | 9,54 | 7,78 | 4,05 | 8,36 | 10,90 |
| Total | 100,11 | 99,14 | 98,64 | 100,62 | 102,44 |
| Si ^{IV} | 1,9184 | 1,9856 | 1,7691 | 1,9150 | 2,0156 |
| Al ^{IV} | 0,0816 | 0,0063 | 0,2309 | 0,0747 | - |
| Fe ^{3+V} | - | 0,0081 | - | 0,0103 | - |
| Al ^{VI} | 0,0289 | - | 0,0154 | - | - |
| Fe ^{3+VI} | 0,0571 | 0,0193 | 1,1773 | 0,0645 | 0,0159 |
| Fe ² | 0,3026 | 0,2464 | 0,1309 | 0,2623 | 0,3335 |
| Ti | 0,0028 | 0,0029 | 0,0416 | 0,0243 | 0,0006 |
| Mn | 0,0148 | 0,0198 | 0,0107 | 0,0143 | 0,0223 |
| Mg | 0,7161 | 0,7670 | 0,8047 | 0,8060 | 0,7508 |
| Ca | 0,8959 | 0,9476 | 0,8631 | 0,8333 | 0,8367 |
| Na | 0,0102 | 0,0107 | 0,0449 | 0,0373 | 0,0170 |
| Total | 4,0284 | 3,9939 | 4,0886 | 4,0420 | 4,1775 |
| Mol% Ca | 45,10 | 47,20 | 43,40 | 41,90 | 42,70 |
| Mg | 36,00 | 38,20 | 40,50 | 40,50 | 38,30 |
| Fe ^m | 18,90 | 14,60 | 16,10 | 17,70 | 19,00 |

As brechas de Tunas originaram-se em uma única fase, com pelo menos dois estágios diferentes. O primeiro é responsável pela formação das brechas com clastos acessórios e fenocristais, presentes no centro do complexo (Lajeado 4 e Arroio Barro Vermelho) e o segundo engloba as rochas anteriores e os clastos acidentais, com as brechas adquirindo maiores dimensões. Este último tipo corresponde às demais ocorrências de brechas do complexo.

TABELA 4 - Composição molecular (%) aproximada de piroxênios de matriz das brechas vulcânicas de Tunas (L1=Lajeado 1; An=Antena; BV=Barro Vermelho)

| | Li.a | Li.a | An.c | An.c | An.b | BV.i | BV.l | BV.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 |

As rochas encaixantes são fragmentadas pela circulação de água e de gases associados ao vulcanismo, responsável pela quebra do material sólido, que posteriormente será envolvido pelas correntes de magma ascendente.

JOHNSTON e LOWELL (1961) propõem um modelo que se inicia com a remoção de rocha por soluções ascendentes durante um estágio jovem, seguido de posterior colapso, brechamento e deposição na massa brechada.

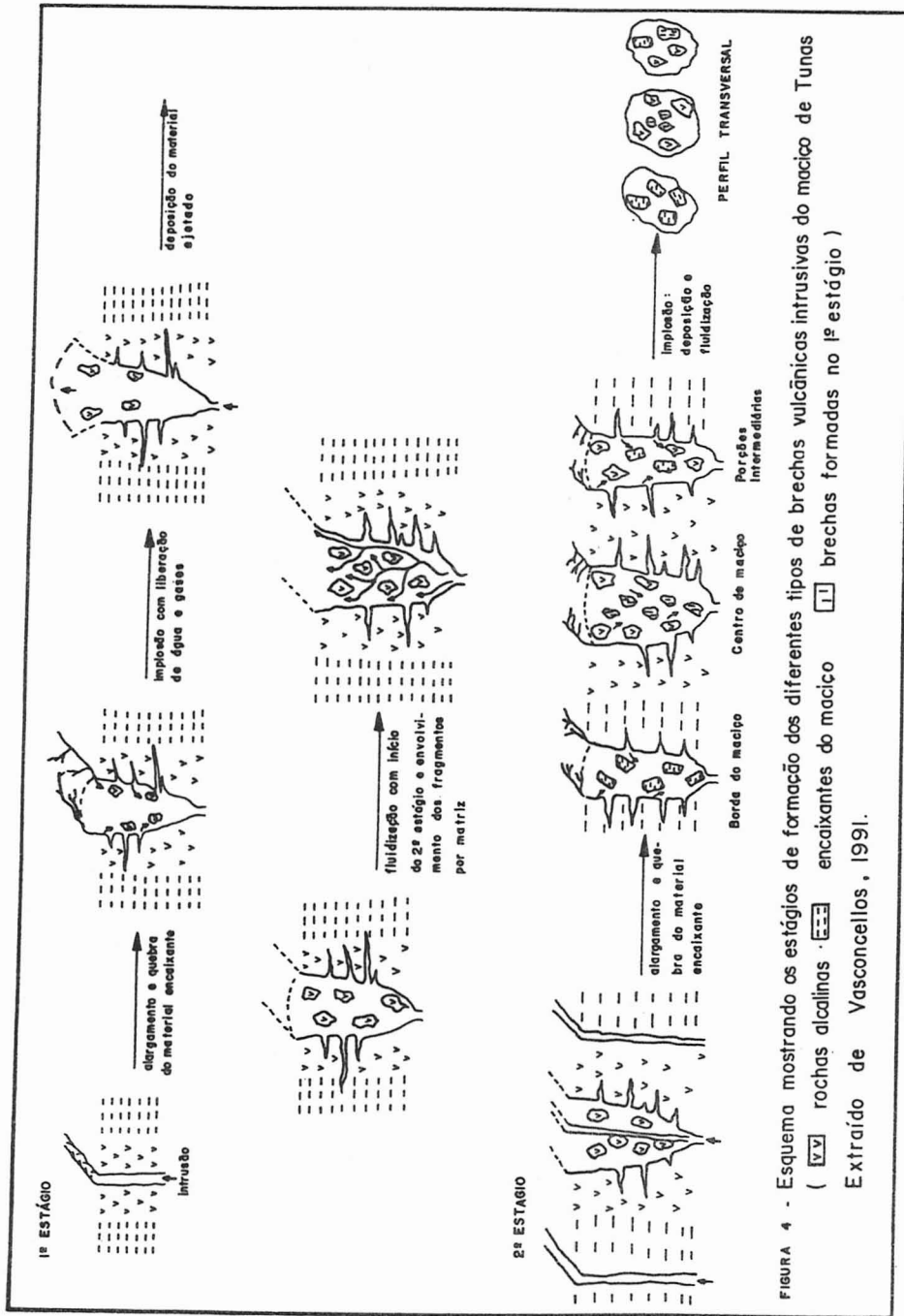
Por meio de um diagrama esquemático (Fig 4) mostra-se a formação das brechas de Tunas com os seus possíveis mecanismos geradores.

Em um primeiro estágio processa-se a intrusão nas rochas alcalinas, com alargamento e quebra do material encaixante; segue-se a implosão com liberação de água e gases e a subsequente deposição do material ejetado, finalizando com fluidização e envolvimento dos fragmentos por matriz. O segundo estágio tem início com a fluidização do primeiro e ocorrência de novo alargamento, agora também do material encaixante do complexo, e sua quebra, e posterior implosão, deposição e fluidização.

Esses dois estágios fazem com que sejam diferenciadas brechas de borda e do interior do complexo, levando, assim, a uma certa zonalidade. As brechas mais internas, melhor selecionadas e mais bem cristalizadas, trazem clastos mais arredondados e maior quantidade de matriz; já as brechas de borda se mostram menos selecionadas, e contêm clastos mais angulosos e pouca matriz.

Ainda que não se disponha de dados radiométricos pode-se dizer que a formação das brechas de Tunas se deu posteriormente à das demais rochas do complexo, como evidenciado pela presença de clastos das variedades alcalinas no seu interior. Portanto, como já referido por FUCK (1972) as brechas pertencem a um estágio tardio de formação do corpo alcalino.

GOMES et al. (1987) relacionam a formação do complexo a processos de diferenciação de magmas gábricos alcalinos por cristalização fracionada, propondo para essas rochas a seguinte seqüência evolutiva: geração inicial de gabros e monzogabros, seguida de dioritos e monzodioritos, com uma fase maior de colocação das rochas sieníticas (sienitos e sienitos alcalinos); posterior formação dos diques alcalinos, cortando as demais litologias; por último, dois estágios de colocação das brechas vulcânicas. Embora as análises químicas feitas em feldspatos e piroxênios das brechas não tenham sido conclusivas, pode-se inferir que essas rochas tenham sido formadas a partir dos mesmos magmas geradores, como sugeridos pela similaridade do quimismo dos minerais.



4. CONCLUSÕES

1. As rochas de Tunas formaram-se em fases sucessivas por cristalização fracionada a partir de magma de natureza gábrica alcalina;

2. Pela análise química dos feldspatos da matriz pode-se especular que a formação dos corpos de brecha se processou com variação crescente de temperatura, da parte NW para SE, desde Lajeado até a Antena, devido à ocorrência de feldspatos ricos em Ab junto a feldspatos ricos em Or, nos primeiros. Segundo YODER et al. (1957, in DEER et al., 1963), para esta associação, tem-se isothermas de mais baixa temperatura e para a ocorrência de plagioclásios mais cálcicos, temperaturas mais altas;

3. Para os piroxênios, observam-se variações químicas de um corpo para outro ou dentro de um mesmo corpo. Em Lajeado 4 para a diminuição de Si tem-se aumento de Al; para o aumento de Fe³⁺ nota-se decréscimo de Ti. Na Antena as relações são semelhantes, porém, Ti e Fe³⁺ são diretamente proporcionais;

4. Parece haver relação direta entre o quimismo dos feldspatos e dos piroxênios da matriz das brechas com o quimismo dos minerais das rochas alcalinas encaixantes;

5. As brechas representam estágios tardios de colocação do corpo alcalino; a sua formação se deu em dois estágios dentro de uma mesma fase, através de processos de fluidização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBIERI, F.; INNOCENTI, F.; LANDI, P.; ROSSI, U.; SAITTA, M.; SANTACROSE, R. e VILLA, I.M. - 1984 - The evolution of Latera Caldera (Central Italy) in the light of subsurface data. *Bull. Volcanol.* 47(1): 125-141.
- BIONDI, J.C. - 1979 - Pipes e diques de brechas - um novo modelo de origem (implosão-fluidização). *Rev. Bras. Geoc.* 9: 198-217.
- _____. - 1982 - Kimberlitos. In CONG.BRAS.GEOL. 32, Salvador, 1982. *Anais.* Salvador, SBG. v.2 p.452-464.
- BREY, G e SCHMINCKE, H.U. - 1980 - Origin and diagenesis of Roque Nublo Breccia, Gran Canaria (Canary Islands) - petrology of the Roque Nublo Volcanic, II. *Bull. Volcanol.* 43(1):15-33.
- DANNI, J.C.M. - 1985 - Rochas da série Kamafugítica na região de Amorinópolis, Goiás. *Bol. Esp. SBG/Núcleo de Minas Gerais.* p.5-13.
- DEER, W.A.; HOWIE, R.A. e ZUSSMAN, J. - 1963 - Rock-forming minerals. *Framework Silicates.* London, Longmans, 1963. v.4 435p.
- DRUITT, T.H. e SPARKS, R.S.J. - 1982 - A proximal ignimbrite breccia facies on Santorine, Greece. *Journ. Volcanol. Geoth. Research.* 13:147-171.
- FISHER, R.V. & SCHMINCKE, H.U. - 1984 - *Pyroclastic rocks.* Germany. Spring-Verlag, 1984. 472p.
- FUCK, R.A. - 1972 - *Geologia do macço alcalino de Tunas, Paraná Brasil.* Tese (doutoramento em Geociências). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1972. 82p. (inédito).
- GATES, O. - 1959 - Breccias pipe in the shoshone Range, Nevada. *Econ. Geol.* 54:790-815.
- GOMES, C.B.; 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. Brazil.* 1(2):201-234.
- HEINRICH, E.W. - 1966 - *The geology of carbonatites.* Chicago, Rand MacNally & Company, 1966. 555p.
- JOHNSTON, W.P. e LOWELL, J.D. - 1961 - Geology and origin of mineralized breccia pipes in Cooper Basin, Arizona. *Econ. Geol.* 56:916-940.
- KLEIN, V de C. e VALENÇA, J.G. - 1984 - Mecanismo de colocação de brechas fluidizadas na área de Cabuçu (complexo alcalino do Mendanha), Rio de Janeiro. *Anais.* In: CONG.BRAS.GEOL. 33. Rio de Janeiro 1984. SBG. p.4355-4361.
- LANDI, P. 1987. Un esempio di zonatura composizionale in camere magmatiche superficiali le eruzione piroclastico alcalino Potassica di Pitigliano (Vulcano de Latera). *Rend. Soc. Ital. Min. Petrol.* 42:123-140.
- LE BAS, M.J. - 1977 - *Carbonatite-nephelinite volcanism.* London, John Wiley & Sons, 1977, 347p.
- NAIR, J.A. & WIDADIRADJA, S. - 1980 - Late Quaternary Hydrothermal explosion breccias at Kawerau Geothermal Field, New Zeland. *Bull. Volcanol.* 43(1):1-13.
- PHILPOTTS, A.R. - 1974 - The Montereian 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 Fe²⁺/Fe³⁺ de piroxênios egirínicos a partir de análises químicas obtidas com o auxílio de microsonda eletrônica.* Exame de Qualificação. Instituto de Geociências, Universidade de Sao Paulo, 1983, 20p. (inédito).
- SCHEIBE, L.F. - 1978 - Fazenda Varela carbonatite, Lajes, Santa Catarina, Brasil. *Anais.* In: SIMP.INTERN.CARBONATITES, 1. Poços de Caldas, 1978. Brasília, DNPM, p.137-146.
- _____. - 1986 - *Geologia e petrografia do Distrito Alcalino de Lajes, SC.* Tese (doutoramento em Geociências). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1986. 224p. (inédito).
- TREIN, E.; MARINI, O.J. e FUCK, R.A. - 1967 - Rochas alcalinas do Primeiro Planalto do Estado do Paraná. In: BIGARELLA, J.J.;
- SALAMUNI, R. e PINTO, V.M. - 1967 - Geologia do Pré-Devoniano e intrusivas subseqüentes da porção oriental do Estado do Paraná. *Bol. Paran. de Geoc.* 23-25: 325-347.
- ULBRICH, H.H.G.J. - 1984 - *A petrografia, a estrutura e o quimismo de nefelina sienitos de macço 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 ignea: revisão e proposta para uma classificação geológica. *Bol. IG-USP, Publ. Esp.* São Paulo, 3:1-82.

ULBRICH, M.N.C. e 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... 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).

VASCONCELLOS, E.M.G. - 1991 - *Investigações geológicas e petrológicas das brechas vulcânicas do maciço de Tunas, PR*. Dissertação (mestrado em Geociências). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1991, 128p. (inédito).

**AMBIENTES DE SEDIMENTAÇÃO DA PLANÍCIE COSTEIRA
COM CORDÕES LITORÂNEOS NO ESTADO DO PARANÁ .**

RODOLFO JOSÉ ANGULO*

(*) Professor do Departamento de Geologia
Universidade Federal do Paraná

RESUMO

O objetivo do trabalho é caracterizar os sedimentos e interpretar os ambientes de sedimentação dos depósitos que formam a planície costeira com cordões litorâneos do Estado do Paraná. Para isso, foram analisadas características texturais e as estruturas sedimentares dos depósitos. As análises granulométricas evidenciaram uma predominância de areias finas bem selecionadas. As principais estruturas encontradas foram: estratificação cruzada de baixo ângulo, estratificação cruzada tabular, acanalada e truncada por onda, além de fósseis e bioturbações diversas. Os sedimentos foram interpretados como sendo depositados em ambientes de face litorânea superior e antepraia, durante as fases regressivas ocorridas após os máximos transgressivos do Pleistoceno Superior e Holoceno.

ABSTRACT

This work aims to characterize the sediments that form the strand plain of the State of Paraná besides their depositional environments. For this purpose, textural analysis were performed and the sedimentary structures described. Sieve analysis indicate the predominance of well sorted fine sand. The main sedimentary structure found were: low angle cross-bedding; tabular, trough and hummocky cross-bedding. Fossils and abundant bioturbation were also observed. The sediments were interpreted as deposited on upper shoreface and beach face environments, during the regressive stage after the Upper Pleistocene and Holocene transgressive maxima.